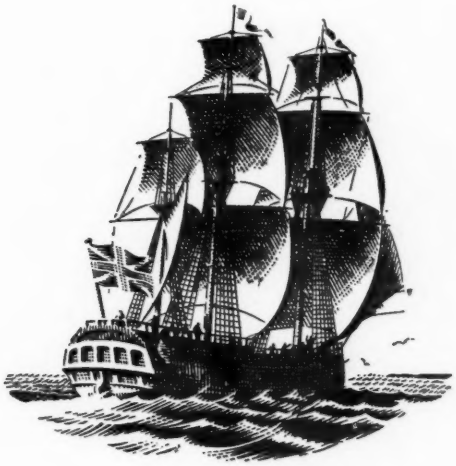
ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain



VOLUME XIV · 1955

LISTE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

ALDINGTON, J. N. et CUMMING, H. W.: Propriétés et utilisations du germanium. 200.
APPLETON, Sir EDWARD: Les orages de l'ionosphère. 24.
ARTICLES DE TÊTE
Carl Friedrich Gauss (1777–1855). 3.
L'Année Géophysique Internationale. 59.
Joseph Black. 115.
L'imagination au service de la science. 171.
AUDUS, L. J.: Substances de croissance et développement de la plante. 205.
BIJVOET, J. M.: Détermination de la configuration absolue des antipodes optiques. 71.
BRADLEY, D. C.: *Voir* WARDLAW, W. et BRADLEY, D. C.
BURNET, Sir MACFARLANE: L'énigme du virus de la grippe. 5.
COCKCROFT, Sir JOHN et PICKAVANCE, T. G.: Les accélérateurs pour la production des particules à grande énergie. 61.
CUMMING, H. W.: *Voir* ALDINGTON, J. N. et CUMMING, H. W.
FOX, H. MUNRO: Colorations animales. 40.
FREY-WYSSLING, A.: Cytologie végétale et microscopie électronique. 34.
GLUECKAUF, E.: Aspects chimiques de l'industrie atomique. 83.
HARDIE, D. W. F.: Les Muspratt et l'industrie chimique en Grande-Bretagne. 29.
HOLMES, W.: Les changements de couleur des céphalopodes. 78.
HOLMYARD, E. J.: L'alchimie en Islam médiéval. 117.
JONES, Sir HAROLD SPENCER: Histoire du chronomètre de marine. 212.
KNOWLES, Sir FRANCIS: Changements de couleur des crustacés et neurosécrétion. 95.
PICKAVANCE, T. G.: *Voir* COCKCROFT, Sir JOHN et PICKAVANCE, T. G.
PRICE, D. J.: Les premiers fabricants d'instruments en Angleterre. 90.
RIMINGTON, C.: Les porphyrines. 126.
RUNCORN, S. K.: L'aimantation permanente des roches. 152.
SINGER, C.: Robert Hooke (1635–1703), le premier microscopiste anglais. 12.
SNOW, R.: Problèmes de phyllotaxie et de détermination de la feuille. 190.
WALLIS, F. S.: Apports de la pétrographie à l'archéologie préhistorique et médiéval. 146.
WARDLAW, W. et BRADLEY, D. C.: Composés organiques des métaux. 140.
WHITTINGHAM, C. P.: La photosynthèse. 173.
WILLMER, E. N.: Les douze blancs. 19.
WYLIE, ANN: L'histoire des roses de nos jardins. 181.
YONGE, C. M.: George Johnston et la Ray Society. 136.

REVUE DES LIVRES

ADAMS, ROGER (publié par): Organic Reactions, Vol. VIII. 161.
ALFVÉN, H.: On the Origin of the Solar System. 47.
American Men of Science (9e édition), Vol. I (Physical Sciences). 220.
ANDRADE, E. N. DA C.: Sir Isaac Newton. 48.
BADGER, G. M.: The Structures and Reactions of the Aromatic Compounds. 105.
BARKER, T. C. et HARRIS, J. R.: A Merseyside Town in the Industrial Revolution: St Helens 1750–1900. 108.
BARLOW, R. B.: Introduction to Chemical Pharmacology. 224.
BELLAMY, L. J.: The Infra-red Spectra of Complex Molecules. 106.
BENNETT, C. A. et FRANKLIN, N. L.: Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry. 223.
BENTLEY, K. W.: The Chemistry of the Morphine Alkaloids. 106.
BERNAL, J. D.: Science in History. 110.
BERRY, A. J.: From Classical to Modern Chemistry. 106.
BORN, MAX et HUANG, KUN: Dynamical Theory of Crystal Lattices. 163.
British Pharmaceutical Codex 1954. 109.
CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. (publié par): Biology of Deserts. 221.
DAVIES, OWEN L. (publié par): The Design and Analysis of Industrial Experiments. 53.
DE LA RUE, E. AUBERT: Man and the Winds. 224.
DE MORGAN, AUGUSTUS: A Budget of Paradoxes. 223.
DIRINGER, DAVID: The Hand Produced Book. 52.
DUFAY, JEAN: Nébuleuses Galactiques et Matière Interstellaire. 47.
DUNLOP, A. P. et PETERS, F. N.: The Furans. 49.
ECKEY, E. W.: Vegetable Fats and Oils. 106.
EMMETT, PAUL H. (publié par): Catalysis, Vol. I: Fundamental Principles (Partie I). 49.
EPHRAIM, FRITZ (publié par THORNE, P. C. L. et ROBERTS, E. R.): Inorganic Chemistry (6e édition). 162.
FLOREY, Sir HOWARD (publié par): Lectures on General Pathology. 51.
FRANCIS, G. E., MULLIGAN, W., et WORMALL, A.: Isotopic Tracers. 48.
FRANCIS, WILFRID: Coal. 107.
FRISCH, KARL VON: The Dancing Bees; an account of the Life and Senses of the Honey Bee (traduction anglaise de Dora Ilse). 54.
GOLDSCHMIDT, V. M.: Geochemistry (publié après la mort de l'auteur par Alex Muir). 108.
GRASSÉ, PIERRE-P. (publié par): Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. Vol. XII, Vertébrés. 226.
GUGGENHEIM, E. A. et PRUE, J. E.: Physicochemical Calculations. 107.
HALDANE, J. B. S.: The Biochemistry of Genetics. 48.
HAMPEL, CLIFFORD A. (publié par): Rare Metals Handbook. 164.
HAWK, PHILIP B., OSER, BERNARD L., et SUMMERSON, WILLIAM H.: Practical Physiological Chemistry (13e édition). 160.
HELMHOLTZ, HERMANN L. F.: On the Sensations of Tone. 225.
HIRSCHFELDER, J. O., CURTISS, C. F., et BIRD, R. B.: Molecular Theory of Gases and Liquids. 164.
HOLMYARD, E. J.: Outlines of Organic Chemistry (3e édition). 162.
HUME-ROTHERY, WILLIAM et RAYNOR, G. V.: The Structure of Metals and Alloys. 51.
JACOB, F.: Les Bactéries Lysogènes et la Notion de Provirus. 221.
JAMES, W. O.: An Introduction to Plant Physiology (5e édition). 222.
JOHNS, R. V. et WARE, W. F.: Advanced Level Examples in Physics. 164.
JOHNSON, F. H., EYRING, H., et POLISSAR, M. J.: The Kinetic Basis of Molecular Biology. 160.
JOHNSON, W. S. (publié par): Organic Syntheses, Vol. XXXIV. 162.
JOHNSTONE, SYDNEY J.: Minerals for the Chemical and Allied Industries. 53.
KARRER, P.: Lehrbuch der Organischen Chemie (12e édition). 49.
KENNEDY, M.: The Sea Angler's Fishes. 54.
KENT, P. W. et WHITEHOUSE, M. W.: Biochemistry of the Aminosugars. 220.
KETELAAR, J. A. A.: Chemical Constitution. 49.
KLENSCH, HERBERT: Einführung in die biologische Registriertechnik. 221.
KOPSCH, F.: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen (19e édition), Vols. I–II. 224.
LAFFITTE, P. et BRUSSET, H.: Les Gaz Inertes; l'Hydrogène–Les Halogènes. 222.
LEA, D. E. Actions of Radiations on Living Cells (2e édition). 221.
LEVI, GIUSEPPE: Trattato di Istologia (4e édition), Vols. I–II. 161.
LEVORSEN, A. I.: Geology of Petroleum. 163.
LONDON, F.: Superfluids, Vol. II (Macroscopic Theory of Superfluid Helium). 225.
LOOMIS, W. E. (publié par): Growth and Differentiation in Plants. 105.
LOVELL, A. C. B.: Meteor Astronomy. 159.
Luminescence, with particular reference to inorganic phosphors. (*Brit. J. appl. Phys.*, Supplément No 4.) 224.
MARSHALL, A. J.: Bower-Birds. 165.
MARSHALL, N. B.: Aspects of Deep Sea Biology. 161.
MASON, S. F.: A History of the Sciences. 52.
MEES, C. E. K.: The Theory of the Photographic Process (édition revue). 109.
MILLER, G. L.: Metallurgy of the Rarer Metals: No. 2—Zirconium. 51.
MOORE, PATRICK: Guide to the Planets. 160.
MÜLLER, EUGEN (publié par): Methoden der organischen Chemie (Houben-Weyl) (4e édition revue), Vols. II, VII, VIII. 162.
MURRAY, RAYMOND L.: Introduction to Nuclear Engineering. 219.

NEEDHAM, JOSEPH (avec la collaboration de WANG LING): Science and Civilisation in China. 53.
NIGGLI, PAUL: Rocks and Mineral Deposits (traduction anglaise de R. L. Parker). 163.
Obituary Notices of Fellows of The Royal Society, Vol IX. 105.
PÀDOA, E.: Biologia Generale. 48.
PALMER, W. G.: Experimental Inorganic Chemistry. 50.
PATTERSON, AUSTIN M.: A French-English Dictionary for Chemists (2e édition). 50.
PERUGGA, E. (publié par): Dizionario d'Ingegneria. Vol. IV, MOT–RUL. 165.
POYNTER, F. N. L.: A Catalogue of Incunabula in the Wellcome Historical Medical Library. 109.
PRICE, D. J. (publié par): The Equatorie of the Planetis, a manuscript treatise ascribed to Chaucer. 160.
RADLEY, J. A. et GRANT, J.: Fluorescence Analysis in Ultraviolet Light (4e édition). 164.
RANKAMA, K.: Isotope Geology. 108.
REILLY, JOSEPH et RAE, WILLIAM NORMAN: Physico-Chemical Methods (5e édition). 107.
ROBERTSON, J. MONTEATH: Organic Crystals and Molecules. 51.
ROBINSON, R.: The Structural Relations of Natural Products. 220.
SEMAT, HENRY: Introduction to Atomic and Nuclear Physics. 225.
SINGER, C., HOLMYARD, E. J., et HALL, A. R. (publié par): A History of Technology, Vol. I. 53.
SMITH, D. E. et LATHAM, M. L. (traduit par): The Geometry of René Descartes. 108.
STEACIE, E. W. R.: Atomic and Free Radical Reactions (2e édition), Vols. I–II. 223.
STEWART, J. R. et SPICER, F. E.: Stewart's Scientific Dictionary (4e édition). 223.
SULLY, A. H.: Metallurgy of the Rarer Metals: No. 1—Chromium. 51.
SWAINGER, K.: Analysis of Deformation, Vol. I. 52; Vol. II. 165.
TAYLOR, E. G. R.: The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England. 109.
TER HAAR, D.: Elements of Statistical Mechanics. 226.
THORNTON, JOHN L. et TULLY, R. I. J.: Scientific Books, Libraries and Collectors. 165.
UCHIDA, SEINOSUKE: Shinpen Nihon Chôrui Zusetsu (catalogue illustré des oiseaux du Japon). 54.
VANNOTTI, A.: Porphyrins, their Biological and Chemical Importance (traduction anglaise de C. Rimington). 160.
WALKER, J. F.: Formaldehyde (2e édition). 50.
WATSON, E. V.: British Mosses and Liverworts. 222.
WHITE, M. J. D.: Animal Cytology and Evolution (2e édition). 105.
WIGGLESWORTH, V. B.: The Physiology of Insect Metamorphosis. 166.
WINOGRADOW, A. P.: Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer Elemente im Boden. 163.
WOLSTENHOLME, G. E. W. et CAMERON, MARGARET P. (publié par): The Chemical Structure of Proteins (a Ciba Foundation Symposium). 50.
WOLSTENHOLME, G. E. W. et CAMERON, MARGARET P. (publié par): Chemistry and Biology of Pteridines (a Ciba Foundation Symposium). 220.

TABLE DES MATIÈRES

Les articles sont ici disposés par ordre numérique de sujets, d'après le système de Classification Décimale Universelle (British Standard 1000). Voir à la page IV le répertoire alphabétique.

06 INSTITUTS. SOCIÉTÉS. MUSÉES

061.23:58/59:92 George Johnston et la Ray Society. YONGE, C. M. 136.

1 PHILOSOPHIE. PSYCHOLOGIE

133.5:54=927(091)«04/14» L'alchimie en Islam médiéval. HOLMYARD, E. J. 117.
159.954:5 L'imagination au service de la science (Article de tête). 171.

5 SCIENCES NATURELLES

5:159.954 L'imagination au service de la science (Article de tête). 171.

51 MATHÉMATIQUES

51:92 Carl Friedrich Gauss (1777–1855) (Article de tête). 3.

52 ASTRONOMIE

529.78:681.11(091) Histoire du chronomètre de marine. JONES, Sir HAROLD SPENCER. 212.

53 PHYSIQUE

535.621:535.733:612.843.31 Les douze blancs. WILLMER, E. N. 19.
535.733:612.843.31:535.621 *Idem.*
535.843:578.6(091) Robert Hooke (1635–1703), le premier microscopiste anglais. SINGER, C. 12.
537.13:537.591.1:621.384.6 Les accélérateurs pour la production des particules à grande énergie. COCKCROFT, Sir JOHN et PICKAVANCE, T. G. 61.
537.591.1:621.384.6:537.13 *Idem.*
539.17:546.79 Aspects chimiques de l'industrie atomique. GLUECKAUF, E. 83.

54 CHIMIE

54:661.3:92 Les Muspratt et l'industrie chimique en Grande-Bretagne. HARDIE, D. W. F. 29.
54:92 Joseph Black (Article de tête). 115.
54=927(091)«04/14»:133.5 L'alchimie en Islam médiéval. HOLMYARD, E. J. 117.
541.144.7:581.132 La photosynthèse. WHITTINGHAM, C. P. 173.
541.653:548.73 Détermination de la configuration absolue des antipodes optiques. BIJVOET, J. M. 71.
546.28/.88:547 Composés organiques des métaux. WARDLAW, W. et BRADLEY, D. C. 140.
546.79:539.17 Aspects chimiques de l'industrie atomique. GLUECKAUF, E. 83.
547:546.28/.88 Composés organiques des métaux. WARDLAW, W. et BRADLEY, D. C. 140.
547.979.733:577.1 Les porphyrines. RIMINGTON, C. 126.
548.73:541.653 Détermination de la configuration absolue des antipodes optiques. BIJVOET, J. M. 71.

55 SCIENCES GÉOLOGIQUES ET GÉOPHYSIQUES

55.05 L'Année Géophysique Internationale (Article de tête). 59.
550.384.3 L'aimantation permanente des roches. RUNCORN, S. K. 152.
550.385:551.510.535:551.594.6 Les orages de l'ionosphère. APPLETON, Sir EDWARD. 24.
551.510.535:551.594.6:550.385 *Idem.*
551.594.6:550.385:551.510.535 *Idem.*
552.1:571(42) Apports de la pétrographie à l'archéologie préhistorique et médiéval. WALLIS, F. S. 146.

57 SCIENCES BIOLOGIQUES

571(42):552.1 Apports de la pétrographie à l'archéologie préhistorique et médiéval. WALLIS, F. S. 146.
576.31:581 Cytologie végétale et microscopie électronique. FREY-WYSSLING, A. 34.
576.858.7:616.921.5 L'énigme du virus de la grippe. BURNET, Sir MACFARLANE. 5.
577.1:547.979.733 Les porphyrines. RIMINGTON, C. 126.
578.6(091):535.843 Robert Hooke (1635–1703), le premier microscopiste anglais. SINGER, C. 12.

58 BOTANIQUE

58/59:061.23:92 George Johnston et la Ray Society. YONGE, C. M. 136.
581:576.31 Cytologie végétale et microscopie électronique. FREY-WYSSLING, A. 34.
581.132 :541.144.7 La photosynthèse. WHITTINGHAM, C. P. 173.
581.14.04 Substances de croissance et développement de la plante. AUDUS, L. J. 205.
581.452 Problèmes de phyllotaxie et de détermination de la feuille. SNOW, R. 190.
582.734 L'histoire des roses de nos jardins. WYLIE, ANN. 181.

59 ZOOLOGIE

591.147:595.3 :591.176 Changements de couleur des crustacés et neurosécrétion. KNOWLES, Sir FRANCIS. 95.
591.176 Colorations animales. FOX, H. MUNRO. 40.
591.176:591.147 :595.3 Changements de couleur des crustacés et neurosécrétion. KNOWLES, Sir FRANCIS. 95.
591.176:591.18 :594.5 Les changements de couleur des céphalopodes. HOLMES, W. 78.
591.18:594.5 :591.176 *Idem.*
594.5:591.176 :591.18 *Idem.*
595.3:591.176 :591.147 Changements de couleur des crustacés et neurosécrétion. KNOWLES, Sir FRANCIS. 95.

61 MÉDECINE

612.843.31 :535.621 :535.733 Les douze blancs. WILLMER, E. N. 19.
616.921.5 :576.858.7 L'énigme du virus de la grippe. BURNET, Sir MACFARLANE. 5.

62 ART DE L'INGÉNIEUR

621.375.4 :669.783 Propriétés et utilisations du germanium. ALDINGTON, J. N. et CUMMING, H. W. 200.
621.384.6 :537.13 :537.591.1 Les accélérateurs pour la production des particules à grande énergie. COCKCROFT, Sir JOHN et PICKAVANCE, T. G. 61.

66 INDUSTRIES

661.3:92:54 Les Muspratt et l'industrie chimique en Grande-Bretagne. HARDIE, D. W. F. 29.
669.783 :621.375.4 Propriétés et utilisations du germanium. ALDINGTON, J. N. et CUMMING, H. W. 200.

68 FINE MÉCANIQUE

681.11(091) :529.78 Histoire du chronomètre de marine. JONES, Sir HAROLD SPENCER. 212.
681.2(091) Les premiers fabricants d'instruments en Angleterre. PRICE, D. J. 90.

92 BIOGRAPHIE

92:061.23:58/59 George Johnston et la Ray Society. YONGE, C. M. 136.
92:51 Carl Friedrich Gauss (1777–1855) (Article de tête). 3.
92:54 Joseph Black (Article de tête). 115.
92:54:661.3 Les Muspratt et l'industrie chimique en Grande-Bretagne. HARDIE, D. W. F. 29.

RÉPERTOIRE ALPHABÉTIQUE

Accélérateurs de particules 621.384.6
Aimantation
  Roches 550.384.3
Alcalis
  Industrie chimique 661.3
Alchimie 133.5:54
Alcoyloxydes 547:546.28/.88
Analyse aux rayons X
  Cristaux 548.73
Animaux
  Coloration 591.176
Antipodes
  Stéréochimie 541.653
Archéologie 571
Aurores 551.594
Auxines 581.14.04

Bactériologie 576.85
Biochimie 577.1
Biographie 92
Biologie 57
Blanc
  Composition des couleurs 535.621
Botanique 58

Camouflage 591.176
Cellules végétales 576.311:581
Céphalopodes 594.5
Changements de coloration
  Céphalopodes 591.176:594.5
Chimie 54
Chlorophylle 581.132
Chloroplastes 581.132
Chromatophores 591.176
Chronomètres 529.78
Coloration
  Animaux 591.176
Composés organométalliques 547:546.28/.88
Configuration absolue
  Stéréochimie 541.6
Couleurs 535.6
  Vision 535.733
Crabes 595.3
Crevettes 595.3
Cristallographie 548
Croissance
  Substances 581.14.04
Crustacés 595.3
Cyclotron 621.384.6
Cytologie 576.3

Décapodes 594.5
Dérive des pôles 550.384.3
Diffraction anormale
  Rayons X 548.73

Electricité 537
Electrotechnique 621.3
Eléments radioactifs 546.79
Endocrinologie
  Animaux 591.14

Fabricants d'instruments 681.2
Feuilles
  Détermination 581.452
Fission nucléaire 539.17
Fluorescence
  Germanium 669.783

Géomagnétisme 550.38
Géophysique 55
Germanium 669.703
Grippe 616.921.5

Haches de pierre 552.1:571
Hème
  Biosynthèse 577.1
Hémoagglutination
  Virus grippal 576.858.7
Histoire naturelle
  Sociétés 061.23:58/59
Hooke, Robert
  Micrographia 535.843:578.6(091)
Horlogerie 681.11

Hormones
  Animaux 591.147
  Végétaux 581.14.04

Industrie atomique
  Matériaux 546.79
Industrie chimique 661
Instruments scientifiques 681.2
Ionosphère 551.510.535
Islam
  Alchimie 133.5:54=927
Isotopes radioactifs 546.79

Johnston, George 92:58/59:061.23

Leblanc
  Procédé 661.3
Longitude
  Détermination 529.78

Magnétisme terrestre 550.38
Médecine 61
Météorologie 551.5
Micrographie 535.843
Microscopie électronique
  Cytologie 576.31
Migration des pôles 550.384.3
Muspratt, James 92:54:661.3

Neurosécrétion
  Animaux 591.147

Optique 535
Orages magnétiques 550.385
Organométaux 547:546.28/.88

Parastichies 581.452
Parois cellulaires 576.31
Pathologie 616
Pétrographie 552
Photosynthèse 541.144:581.132
Phyllotaxie 581.452
Physiologie 612
Physique 53
Pigments
  Animaux 591.176
Plutonium 546.79
Porphyrine 547.979.733
Pouvoir rotatoire
  Polarisation 541.653
Procédé Leblanc 661.3
Protons 537.133

Radiosondes
  Ionosphère 551.594.6
Ray Society 061.23:58/59
Rayons cosmiques 537.591
Rayons X
  Analyse des cristaux 548.73
Redresseurs
  Germanium 621.375.4
Roches
  Aimantation 550.384.3
Roses de jardin
  Evolution 582.734

Seiche 594.5
Semiconducteurs 621.375.4
Sépia 594.5
Silicones 547:546.287
Sondages radiophoniques
  Ionosphère 551.594.6
Soude
  Industrie chimique 661.3
Stéréochimie 541.6
Stonehenge 552.1:571
Système nerveux
  Animaux 591.18

Transistors 621.375.4
Tritanopes 612.843.31

Uranium 546.79

Virus 576.858
Vision des couleurs
  Physiologie 612.843.31

Zoologie 59

Imprimé en Grande-Bretagne par THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, pour les éditeurs,*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres, S.W.1*

ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME XIV Janvier 1955 NUMÉRO 53

SOMMAIRE

Article de Tête: Carl Friedrich Gauss (1777–1855) 3

A la mémoire de Sir Wallace Akers (1888–1954) 4

576.858.7:616.921.5
L'énigme du virus de la grippe — SIR MacFARLANE BURNET — 5

535.843:578.6(091)
Robert Hooke (1635–1703), le premier microscopiste anglais — CHARLES SINGER — 12

535.621:535.733:612.843.31
Les douze blancs — E. N. WILLMER — 19

551.510.535:551.594.6:550.385
Les orages de l'ionosphère — SIR EDWARD APPLETON — 24

92:54:661.3
Les Muspratt et l'industrie chimique en Grande-Bretagne — D. W. F. HARDIE — 29

576.31:581
Cytologie végétale et microscopie électronique — A. FREY-WYSSLING — 34

591.176
Colorations animales — H. MUNRO FOX — 40

049.3
Revue des livres 47

Livres reçus 55

Notes biographiques sur les collaborateurs 56

Rédacteur en chef: TREVOR I. WILLIAMS, M.A., B.Sc., D.Phil., F.R.I.C.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Carl Friedrich Gauss (1777–1855)

On raconte que le Baron von Humboldt demanda un jour à Laplace qui, à son avis, était le plus grand mathématicien d'Allemagne. La réponse ne l'ayant pas satisfait, le Baron qui s'efforçait à ce moment d'obtenir la nomination de Gauss au poste de Directeur de l'Observatoire de Gœttingue insista: «Que pensez-vous de Gauss?» dit-il. «Gauss? répondit Laplace, c'est le plus grand mathématicien du monde».

C'était là un grand éloge pour un jeune homme qui n'avait alors que 29 ans, mais l'avenir prouva à quel point Laplace avait eu raison, car on appela Gauss par la suite *mathematicorum princeps*, et il ne céda le pas qu'à Newton dans ce domaine. Ces deux hommes se ressemblaient d'ailleurs par la précocité de leur génie, la grande diversité de leurs découvertes et leur manière de penser.

Très jeune, Gauss montra son aptitude à calculer mentalement. Il garda toute sa vie une facilité prodigieuse pour le calcul de tête et avait l'amour des opérations compliquées. Il est donc naturel que l'arithmétique et la théorie des nombres soient devenus ses sujets de prédilection.

Le premier de ses grands traités, les *Disquisitiones Arithmeticae*, fut achevé en 1798, alors qu'il n'avait que 21 ans, bien que la publication en eût été retardée jusqu'en 1801, en raison de difficultés où se trouvait l'imprimeur de Leipzig. Cet ouvrage faisait de la théorie des nombres, qui se composait auparavant de théorèmes s'enchaînant mal, une discipline cohérente et logique à laquelle il donnait une nouvelle orientation. Il est d'une lecture laborieuse, même pour des experts en la matière, Gauss s'étant exprimé avec une concision exagérée, ce qui nuit à la clarté des raisonnements qu'il suit pour atteindre ses résultats. Il traite entre autres matières de la théorie de la congruence, en particulier de la congruence des binômes, des résidus du second degré, ainsi que des formes quadratiques binaires et ternaires. D'aucuns considèrent cet ouvrage comme son chef-d'œuvre, et c'est assurément une réalisation surprenante pour un homme aussi jeune.

La découverte de la première des astéroïdes, Cérès, faite par Piazzi à Palerme le 1er janvier 1801, mit Gauss en présence d'un problème qui le détourna pendant un temps de la haute arithmétique. Cérès ne put être observée que pendant quelques semaines avant de disparaître. Il semblait probable qu'on ne la reverrait plus si son orbite ne pouvait être calculée. En théorie, il suffit de trois observations de la position d'une planète ou d'une comète pour en déterminer l'orbite, mais le problème qui consistait à calculer une orbite à partir d'un arc très court ne s'était jamais présenté. Par une méthode qu'il créa de toutes pièces, Gauss calcula l'orbite de Cérès et prédit l'endroit où elle reparaîtrait. La méthode utilisée pour Cérès fut amplifiée en une étude complète de la manière de déterminer les orbites des planètes et des comètes, y compris l'analyse des perturbations, et fut publiée en 1809 sous le titre de *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*. Elle sert de base aux méthodes en usage aujourd'hui.

Cependant ces problèmes n'absorbaient pas totalement son énergie. Gauss fut le premier à faire un exposé lucide des nombres complexes et à les représenter graphiquement sur un plan. Il énonça dans une lettre à Bessel le théorème fondamental de ce que l'on nomme maintenant les fonctions analytiques d'une variable complexe.

Puis il y eut son important travail sur les séries hypergéométriques. Jusque-là, les mathématiciens avaient utilisé les séries infinies, sans tenir compte des critères de convergence. Gauss détermina ceux-ci pour les séries hypergéométriques qui comprennent plusieurs séries importantes en analyse. Le premier il impose l'esprit de rigueur à l'analyse et révolutionne ainsi ses méthodes.

L'important mémoire sur la réciprocité biquadratique ouvre un champ entièrement nouveau. C'est dans ce mémoire que sont mentionnés pour la première fois les nombres complexes actuellement connus sous le nom d'«entiers de Gauss», inaugurant ainsi une théorie générale de nombres algébriques.

Le choix de Gauss comme conseiller scientifique près les gouvernements du Danemark et du Hanovre relativement à un programme étendu de triangulation, comprenant la mesure d'un arc de méridien, lui procure non seulement l'occasion de traiter un imposant volume de données numériques mais renouvelle son intérêt dans la théorie des erreurs et de la correction des observations. A 18 ans, il avait inventé la méthode des moindres carrés. Cette méthode basée sur la loi gaussienne de la distribution des erreurs, est d'un emploi courant. Deux mémoires importants sur des points de géodésie supérieure paraissent en 1843 et en 1846. Le mémoire intitulé *Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxia* les avait précédés.

Les surfaces terrestres étant courbes, Gauss est amené à examiner les problèmes généraux se rapportant aux surfaces courbes, tels que les propriétés des lignes géodésiques et la définition des courbures. Il introduit la représentation paramétrique des surfaces, qui est indépendante des axes extérieurs et jette ainsi les bases de la géométrie différentielle. Il réalise également la méthode des projections conformes qui permet de conserver les angles, utilisant pour cela la théorie des fonctions analytiques d'une variable complexe.

Vers 1830, Gauss commence à s'intéresser à la question du magnétisme terrestre. Avec Weber il invente le déclinomètre et le magnétomètre bifilaire. En 1833 il publie le mémoire intitulé: *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata.* Il érige un observatoire à Gœttingue pour étudier les variations du magnétisme terrestre et forme une Société dans le dessein de se procurer des observations dans certaines stations à des dates fixées à l'avance. Deux mémoires importants, l'*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus* et l'*Allgemeine Lehrsätze* paraissent en 1838 et 1839 respectivement et contiennent l'analyse harmonique du champ magnétique de la terre et une théorie générale des forces agissant en raison inverse des carrés des distances.

En 1840, un autre mémoire important, *Dioptrische Untersuchungen* donne une théorie générale des systèmes optiques, permettant de déterminer l'image de n'importe quel objet dans un système quelconque. Ce mémoire contient aussi la notion des six points cardinaux: les deux foyers, les deux points nodaux et les deux points principaux souvent appelés les points de Gauss.

Le cadre de cet article ne nous permet pas de rappeler toute l'œuvre de Gauss, car il a fait des apports importants à presque toutes les branches des mathématiques. Il est l'initiateur de la géométrie non-euclidienne. Encore sur les bancs de l'école, il éprouve la nécessité de reviser les postulats d'Euclide et découvre qu'une géométrie peut être développée sans le postulat des parallèles. Il démontre par la suite que des résultats parfaitement logiques peuvent être obtenus sans en tenir compte. La théorie des déterminants, le calcul des variations et la théorie des fonctions elliptiques sont autant de sujets auxquels il s'est intéressé.

Il est surprenant qu'un seul homme ait pu contribuer dans une telle mesure et d'une manière aussi originale au progrès de tant de sujets divers. Que ce fût en mathématiques pures ou appliquées, toute étude qu'il entreprenait aboutissait à des résultats brillants.

A la mémoire de Sir Wallace Akers (1888–1954)

La mort de Sir Wallace Akers, survenue le 1er novembre 1954, nous a affligés. Jusque vers la fin de l'année dernière il occupa au Comité de Rédaction d'*Endeavour* un siège que sa santé défaillante l'obligea d'abandonner. Tous ceux qui, de près ou de loin, s'occupent de la publication de cette revue déplorent vivement la perte d'un savant dont les succès et les honneurs avaient laissé intacte la nature affable. Ceux qui le consultaient étaient toujours assurés de trouver auprès de lui non seulement de sages conseils mais encore l'impression que la question soulevée, quelle que fût son importance, retenait toute son attention. Il savait écouter quand il le fallait et excellait dans l'art de la conversation. Au Comité de Rédaction, sa faculté de résoudre les questions de principe avec autant d'aisance que les points de détail était fort appréciée.

Né le 9 septembre 1888, Sir W. Akers fit ses études à *Aldenham School* puis à *Christ Church College* de l'Université d'Oxford, qui lui conféra en 1952 une haute distinction. Au sortir d'Oxford, en 1911, il consacra pratiquement tout le reste de son existence à la Chimie industrielle: d'abord chez *Brunner, Mond & Co. Ltd.*, une des firmes qui fusionnèrent pour former l'*Imperial Chemical Industries Ltd.*, puis au service de celle-ci. De sorte que, à part un bref séjour en Extrême-Orient et quelques années consacrées aux recherches sur l'énergie atomique, on peut dire que toute sa carrière s'est déroulée chez *I.C.I.* dont il devint un des directeurs en 1941. C'est cette même année qu'il fut détaché auprès du Service de la Recherche Scientifique et Industrielle comme directeur de la Section de l'Energie Atomique. En cette qualité il accomplit des travaux d'importance nationale, qui lui valurent le titre de Chevalier. Il prit sa retraite en 1953, ce qui pour lui était une nouvelle orientation, plutôt qu'une diminution de ses activités.

L'énigme du virus de la grippe

par SIR MacFARLANE BURNET

Il résulte des plus récents travaux, auxquels l'auteur et ses collaborateurs ont participé largement, sur le virus grippal, que celui-ci est identique au point de vue physico-chimique à des fragments du cytoplasme cellulaire de son hôte, tout en possédant certaines propriétés biologiques d'un organisme vivant. L'avis de l'auteur est que c'est dans la structure moléculaire de certains constituants que gît toute la différence: si elle se vérifiait, cette conclusion pourrait être d'une importance capitale dans la recherche des origines de la vie cellulaire.

Depuis une dizaine d'années le virus de la grippe constitue un objet favori d'étude pour ceux qui s'intéressent à la nature des virus plutôt qu'aux maladies dont ils sont responsables. Le virus de la grippe possède deux propriétés qui le rendent particulièrement adapté à de telles études. D'abord, il peut se cultiver très aisément dans les cavités de l'embryon de poulet; le liquide allantoïdien de celui-ci fournit alors le virus sous une forme relativement concentrée et facile à manier. Ensuite, avantage encore plus grand pour l'expérimentateur, on peut titrer simplement et avec précision dans un tube à essais la concentration du virus dans de tels liquides en utilisant sa propriété d'agglutiner les globules rouges du sang, «hémoagglutination» de G. K. Hirst.

Ces propriétés facilitent les recherches nécessaires à l'établissement de la nature physico-chimique des particules de virus et à la détermination, au moins dans ses grandes lignes, du déroulement de sa multiplication dans la cellule. On a effectué ces recherches et l'on en sait maintenant au moins autant sur la nature et les activités d'un virus typique de la grippe, telle la souche standard américaine PR8, que sur aucun autre virus animal. Cette accumulation de connaissances a graduellement amené au jour le paradoxe qui fait l'objet de cet article: bien que constituant des unités fonctionnelles bien définies, ayant des propriétés antigéniques, enzymatiques et génétiques caractéristiques, les particules de virus de la grippe ne peuvent se différencier chimiquement de fragments de cytoplasme des cellules qu'elles parasitent.

LES ACTIVITÉS FONCTIONNELLES DE LA PARTICULE DE VIRUS

Les virus de la grippe sont de nos jours définis et même nommés, d'après leur réaction avec les globules rouges du sang des vertébrés, réaction qui se manifeste ordinairement comme une hémoagglutination; les particules de virus sont elles-mêmes les agents agglutinants. Quand on mélange le virus, sous la forme de liquide allantoïdien d'un embryon de poulet infecté, avec une suspension de globules rouges, les particules de virus adhèrent fortement aux surfaces cellulaires. Comme une particule de virus peut être adsorbée simultanément par deux surfaces cellulaires, toute une série de ponts entre les globules rouges se forme rapidement. Les globules se trouvent reliés en aggrégats visibles qui s'agglomèrent. Avec un virus concentré une telle suspension donne très vite un liquide clair surnageant et une masse de globules agglutinés, celle-ci formant des figures assez caractéristiques par adhésion des globules altérés au fond hémisphérique du tube à essais.

Cette condition n'est cependant pas permanente. Si l'on conserve la préparation à 37° et l'agite toutes les trente minutes, on constate que les globules mettent progressivement plus de temps à déposer et que les agglomérats sont plus petits. Au bout de deux ou trois heures les globules peuvent redevenir aussi stables en suspension que des globules normaux. Les expériences montrent que le virus se trouve libéré des globules qui ont perdu toute capacité de l'adsorber, ou d'être agglutinés par lui.

L'analyse de ce phénomène a montré qu'il résulte d'une interaction spécifique entre les composants de la surface du virus et de celle des globules. L'interaction possède la plupart des caractères d'une action enzymatique et le mieux est de la considérer comme un type anormalement lent d'action enzymatique où l'union transitoire de l'enzyme et du substrat, postulée pour toutes les actions enzymatiques, est manifeste.

En 1947, on a découvert que le substrat de l'enzyme du virus est une mucoprotéine et tous les travaux postérieurs ont confirmé cette opinion. On a maintenant préparé à l'état pur plusieurs substrats mucoprotéiniques de l'enzyme du virus

de la grippe, le degré de pureté étant estimé par des épreuves rigoureuses: la production d'un seul sommet dans les courbes d'électrophorèse et un déplacement en bloc de ce sommet (indiquant une mobilité plus faible à l'électrophorèse du composé), si l'on traite la préparation avec le virus. Gottschalk a récemment fait quelques progrès dignes d'attention en isolant et caractérisant le produit de scission qui résulte de la réaction et en définissant la nature probable du groupement prosthétique avec lequel l'enzyme du virus réagit.

LE «GRADIENT RÉCEPTEUR»

La méthode la plus simple de démontrer un «gradient récepteur» est de prendre une suspension de globules rouges humains lavés et d'en traiter des fractions avec l'enzyme préparée à partir de filtrats de cultures de *V. cholerae*, enzyme que Burnet et Stone [1] ont appelée RDE (*receptor-destroying enzyme*). Cette enzyme semble avoir une action identique à celles des virus du groupe de la grippe. Par action progressive de l'enzyme on peut préparer une série de suspensions de globules progressivement moins aisément agglutinés par le virus. Si l'on teste une série importante de virus pour déterminer leur capacité d'agglutiner ces globules ils se classent dans un ordre linéaire. Le virus de la maladie de Newcastle (NDV) est le premier à perdre son pouvoir agglutinant et, dans notre série standard, la souche MIL de la grippe B est le dernier. Parallèlement à la perte de ce pouvoir agglutinant il y a une chute de la mobilité d'électrophorèse des globules, et Ada et Stone [2] ont montré que l'on peut définir en mobilité d'électrophorèse le point où chaque virus perd son pouvoir agglutinant.

Sans entrer dans le détail, on peut dire que ces techniques ont rendu possible la démonstration d'une caractéristique spécifique et reproductible de chaque souche de virus de la grippe. L'interprétation en faveur postule que le groupement enzymatique est commun à tous les virus et à RDE, mais que pour chaque virus il existe une construction atomique particulière entourant chaque unité enzymatique et modifiant la facilité de son contact avec les groupements du substrat d'une accessibilité variable. La régularité des résultats implique que ces constructions atomiques ont une certaine spécificité pour chaque type de virus.

CARACTÈRE ANTIGÉNIQUE

La grippe sans complications est une maladie qui se guérit d'elle-même; ce fait étant probablement dû au développement d'une immunité active, marquée par l'apparition dans le sang d'anticorps que l'on peut expérimentalement détecter. Personne n'est malade deux fois de la même variété de grippe en une seule épidémie et toute l'étude moderne de l'épidémiologie de la grippe est basée sur le caractère immunologique des souches de virus responsables des épidémies successives. Le moyen le plus pratique pour l'étude de ces différences consiste à utiliser les titrations d'antihémoagglutinine (AHA). Si à une série de dilutions de sérum de convalescent — obtenu d'un patient humain ou d'un furet inoculé — on ajoute une quantité fixe de virus, la capacité du virus d'agglutiner les globules rouges se trouve détruite par toutes les concentrations de sérum au-dessus d'un certain minimum.

Ceci permet d'exprimer quantitativement, par son titre AHA, la capacité d'un sérum à inactiver un virus donné. Il est nécessaire de prendre d'importantes précautions techniques pour éviter la confusion avec certains types d'inhibitions non-spécifiques de l'hémoagglutination, mais celles-ci prises, il est possible d'obtenir un schéma clair des relations antigéniques entre les différents types de virus de la grippe apparus et isolés depuis 1933. La plus importante étude, due à Hirst [3], montre que sept antigènes spécifiques sont apparus successivement dans les souches de grippe A entre 1933 et 1951. Il existe en plus des facteurs antigéniques communs à tous les types ou à certains d'entre eux. Occasionnellement, au laboratoire, une souche peut modifier son caractère antigénique, ordinairement en réponse au transfert sur un nouvel hôte. Cependant les souches maintenues uniquement par passage sur embryon de poulet restent constantes dans leur comportement immunologique. Depuis que l'on prend ces précautions, on constate que chaque année où la grippe sévit dans le monde entier, on n'a affaire qu'à un ou, au plus, deux types antigéniques de virus.

La spécificité antigénique du virus est donc un caractère fonctionnel bien défini d'une grande importance à la fois pour la survivance du virus dans la nature et pour la compréhension épidémiologique de la maladie qu'il cause. Puisqu'on peut retirer l'anticorps d'un sérum par traitement avec de grandes quantités de virus, les antigènes doivent se situer à la surface du virus. Ils n'ont pas été isolés en tant que substances chimiques pures, mais d'après toutes les analogies avec d'autres phénomènes analogues, il doit s'agir de molécules de protéines possédant une structure atomique individuelle servant de déterminant

antigénique. Ces structures sont tout à fait distinctes de toutes les structures analogues des protéines de l'espèce hôte et aussi de celles des virus de la grippe sérologiquement distincts.

INDIVIDUALITÉ GÉNÉTIQUE

Toutes les caractéristiques des virus grippaux qui sont reproductibles de génération à génération doivent nécessairement avoir une base génétique. L'étude systématique des caractères génétiques des virus animaux n'a, cependant, été entreprise que récemment. Pour que de tels travaux soient possibles il faut disposer d'un moyen d'isoler et de maintenir des clones purs de virus, d'une série de marqueurs génétiques simples à mettre en évidence, caractérisant les clones purs de constitutions héréditaires différentes, et d'une technique permettant une interaction génétique entre deux souches différentes. Ces conditions sont remplies depuis quelque temps pour les virus de bactéries et c'est une des activités principales du laboratoire de l'auteur d'accumuler les matériaux nécessaires à un tel travail pour les virus de la grippe. Nous croyons avoir maintenant des techniques appropriées pour démontrer que de nombreuses interactions génétiques bien définies peuvent se produire entre souches de ce virus. Dans le système que nous avons le plus intensément étudié — les interactions de souches des variétés classiques A de la grippe, WS (Hampstead 1933) et MEL (Melbourne 1935) — les résultats indiquent une recombinaison très intéressante supposant deux groupes distincts de linkage. Quatre «marqueurs» — c'est-à-dire différences entre souches — sont localisés dans un groupe de linkage, trois autres dans le second. Sans entrer dans le détail [4], le résultat peut s'indiquer comme suit. En appelant A, B, D, F et C, E, G respectivement les marqueurs de la souche MEL et a, b′, d, f et c, e, g, ceux de la variété neurotrope de WS on a obtenu les recombinaisons suivantes:

ABDF: ceg	ABDF: ceG	ab′df: cEG
abdf: CEG	adbf: ceg	aB′df: cEg

Chacune de celles-ci représente un type de culture disponible sous forme d'un clone pur. Des règles assez différentes s'appliquent à la transmission de la virulence quand la recombinaison se produit entre une souche très virulente et une non-virulente. On trouve ordinairement dans la descendance, des souches présentant des degrés quelconques intermédiaires de virulence, avec ou sans échange d'autres propriétés servant de marqueurs.

Il n'est cependant pas nécessaire de discuter ici les détails de la génétique des virus grippaux. Il est seulement utile de mettre en évidence l'existence d'un mécanisme génétique complexe qui, selon nous, montre des analogies assez nettes avec la génétique des virus bactériens d'une part et la génétique des bactéries elles-mêmes d'autre part. Les propriétés peuvent se transférer comme des «unités» qui se comportent essentiellement comme les gènes des organismes supérieurs. Les expériences sur le virus de la grippe nous conduiraient à postuler au moins vingt gènes par génome. Il existe en plus des raisons sérieuses de penser que chaque particule de virus peut posséder un, deux, trois ou davantage de génomes, deux étant peut-être la moyenne habituelle.

Ces propriétés génétiques doivent avoir une base physique, probablement le schéma moléculaire de l'acide nucléique. Puisque le plus récent travail de Ada, sur la composition en acides nucléiques du virus grippal purifié indique qu'il n'y a pas d'acide désoxyribonucléique (DNA) dans la particule de virus, le comportement génétique doit dépendre des 0,8% d'acide ribonucléique (RNA) que l'on sait y être présents. Ceci donne une importance singulièrement accrue à ces études génétiques sur le virus de la grippe, puisque c'est le seul système connu susceptible d'une analyse génétique, dans lequel l'acide désoxyribonucléique ne peut jouer aucun rôle.

En résumé, nous avons dans la particule viable de virus de la grippe un système complexe bien défini. Chaque type possède ses propres caractéristiques fonctionnelles que l'on peut définir en termes d'interaction du virus avec les surfaces cellulaires et avec les mucoprotéines spécifiques servant de substrat à cette interaction, ou de propriétés antigéniques du virus, ou de virulence de la souche vis-à-vis des différents organes ou cellules. Avec certaines réserves sur la virulence, tous ces caractères se maintiennent par passage, dans les conditions optimum, dans la cavité allantoïdienne. De même, avec quelques restrictions mineures, on peut montrer que les différences entre souches voisines sont déterminées par des unités génétiques de mêmes propriétés générales que les gènes des organismes supérieurs.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU VIRUS DE LA GRIPPE

On peut aisément séparer les particules de virus du liquide allantoïdien infecté en fractionnant par ultracentrifugation et lavages répétés; on peut examiner leur morphologie au microscope

électronique (figure 1) suivant les techniques habituelles. Avec les souches bien adaptées la plupart des particules apparaissent de forme plus ou moins sphérique, certaines étant plus plates que d'autres. Leur diamètre moyen est d'environ 110 mμ avec une variation très étendue pour les valeurs individuelles. De plus, il existe toujours des bâtonnets qui semblent constitués de deux à quatre sphères fusionnées. Les unités sphériques n'ont en aucune façon un diamètre uniforme et l'examen sérieux d'une bonne micrographie électronique rend très raisonnable la conclusion, basée sur les faits génétiques, que ces particules peuvent comporter un, deux ou trois stocks d'unités génétiques. La gamme des tailles pourrait bien représenter des masses allant de une à trois unités arbitraires. Dans les vieilles souches les longs filaments qui constituent une sorte de caractéristique des souches récentes sont très rares ou absents.

Nous pouvons considérer comme démontré que les sphères visibles sur les photographies en microscopie électronique représentent bien les particules infectantes du virus. L'expérience montre que les unités infectieuses déposées par ultracentrifugation ou retenues par les filtres ont environ 100 à 120 mμ de diamètre. Les globules rouges les adsorbent et on peut les en retirer par élution exactement comme les particules visibles (figure 2). Cependant, on ne peut encore affirmer que toutes les particules visibles sont «complètes» au sens de capables de pénétrer dans une cellule sensible et d'y induire une infection en donnant naissance à des unités semblables capables de maintenir indéfiniment les phénomènes d'infection et de multiplication. Il est bien connu que si le virus n'est pas produit dans des conditions optimum soigneusement contrôlées, beaucoup de particules sont en fait non-infectieuses dans le sens indiqué. Avec des virus préparés de la meilleure façon possible les évaluations courantes estiment que les particules pouvant induire une infection ne représentent qu'entre la moitié et un dixième des particules présentes.

COMPOSITION CHIMIQUE DU VIRUS DE LA GRIPPE

Il n'est pas particulièrement difficile d'obtenir quelques milligrammes de virus de la grippe, mais il est moins facile de prouver qu'une préparation donnée ne contient pas une proportion appréciable de matériel autre que les particules du virus. Toutes les données utilisables sur la composition du virus de la grippe supposent que la technique appliquée — ordinairement adsorption sur globules rouges suivie d'élution et d'une succession de purifications par ultracentrifugation — aboutit en fait à une suspension virtuellement pure du virus.

On a étudié dans un grand nombre de laboratoires la composition du virus ainsi préparé, avec des résultats en général compatibles, excepté sur l'importante question du contenu en acide nucléique. Il existe cependant une variation suffisante dans les résultats pour suggérer que les analyses ne sont pas exactes à plus d'un chiffre significatif. En dépit des chiffres avancés dans la littérature, on ne peut accepter comme justifiée l'affirmation qu'il existe des différences significatives de composition entre les différentes souches de virus. Sous ces réserves, on peut dresser un tableau des observations sur la composition chimique du virus de la grippe. Les mesures physiques suggèrent une composition en eau d'environ 40% et c'est une chose qu'il faut retenir dans toute considération de données chimiques, exprimées en pourcentages de matériel entièrement sec.

Constitution chimique du virus de la grippe desséché

Analyse élémentaire:		Lipides (23%):	
Carbone	52 %	Phospholipides	11%
Azote	9,5%	Cholestérol	5%
Phosphore	0,9%	Graisses neutres	7%

Protéines	65%
Hydrates de carbone	10%
Acide nucléique (acide ribonucléique)	0,8%

Certains de ces chiffres appellent un commentaire. La teneur en hydrates de carbone est beaucoup plus forte que celle qu'entraînerait le ribose de l'acide nucléique et suivant Knight [5] il existe du mannose, du galactose et de l'hexosamine. Ce sont là précisément des constituants de toutes les mucoprotéines avec lesquelles le virus de la grippe réagit enzymatiquement et il subsiste le soupçon tenace que ces hydrates de carbone dérivent directement de la cellule hôte et ne font pas partie de la particule de virus.

Les lipides présentent aussi les mêmes caractères généraux que ceux de la surface des cellules de tout vertébré. Le chiffre donné est celui de Taylor, Sharp, *et al.* et d'autres auteurs ont fourni des valeurs plus élevées. Il est intéressant de signaler le résultat de Cohn [6] qui, en ajoutant du phosphore marqué aux embryons de poulet, constate que l'effet principal de l'infection est d'accroître la consommation de phosphore dans la fraction phospholipidique.

FIGURE 1 – *Photographie au microscope électronique du virus purifié de la grippe, montrant la variation assez faible de taille et de forme.* (× 20 000)

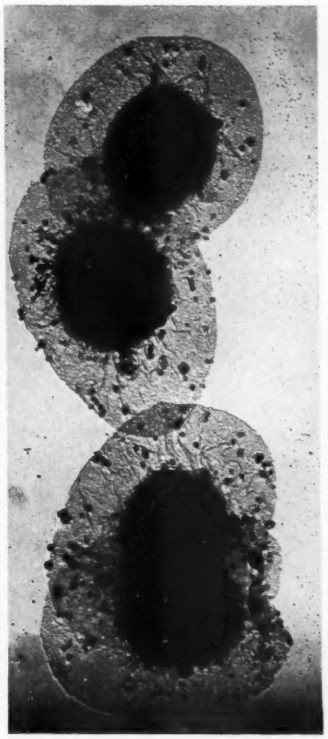


FIGURE 2 – *«Silhouettes» de globules rouges de poule sur lesquels des particules du virus de la maladie de Newcastle (très voisin du virus de la grippe) se trouvent adsorbées.* (× 3200)

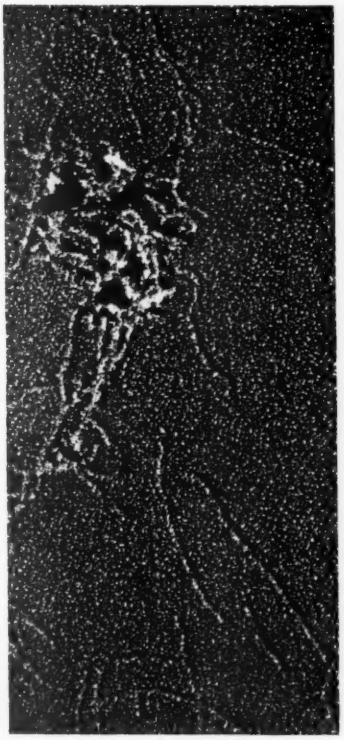


FIGURE 3 – *Une substance réceptrice: macromolécules de mucoprotéine urinaire qui peut servir de substance réceptrice et de substrat à l'enzyme du virus de la grippe.* (× 30 000)

Photographies prises au microscope électronique par R. F. Mitchell et G. L. Ada (non-publiées).

On a publié des analyses d'aminoacides des protéines du virus grippal, mais comme on pouvait s'y attendre, elles montrent le même type de distribution que celle des protéines extraites des cellules. La plus importante découverte sur les protéines est qu'une proportion importante, 20 à 30% de celles qui se trouvent à la surface du virus, réagit immunologiquement avec les sérums préparés en immunisant des lapins avec des extraits de la cellule hôte. Le virus de l'œuf purifié réagit avec un sérum anti-extrait d'embryon, un virus de souris purifié avec un sérum anti-souris. On n'a jamais établi clairement, et peut-être ne le fera-t-on jamais, si cette activité est due à une contamination par des protéines de l'hôte ou si elle est due à des protéines appartenant réellement à la particule de virus.

La composition en acide nucléique des particules est un sujet de controverse surtout à cause de la difficulté technique très considérable d'estimer de petites quantités d'acide nucléique dans un matériel complexe contenant des sucres et des substances phosphorées autres que l'acide nucléique. En combinant trois méthodes différentes — utilisant respectivement la nature du sucre dans l'acide nucléique extrait, les estimations de phosphore après extraction complète des lipides, et les courbes d'absorption dans l'ultraviolet — Ada est arrivé à la conclusion que la quantité de DNA présente est inférieure à une molécule par particule de virus et qu'il y a beaucoup moins d'acide nucléique total qu'il n'en avait été annoncé antérieurement par d'autres chercheurs. Son estimation est de 0,8% de RNA.

En présence de l'ensemble des caractères physiques et chimiques du virus de la grippe que nous venons d'indiquer il devient très difficile de critiquer Bauer quand il dit que le virus de la

grippe «n'est qu'un fragment de cytoplasme malade». En fait, la seule propriété qui le distingue sur le plan physico-chimique est la morphologie des particules. Mais s'il faut les considérer comme des fragments de cytoplasme de la cellule hôte, nous devons alors admettre que ce sont des fragments à l'intérieur desquels s'est produite une réorganisation structurale importante.

On a publié relativement peu de travaux sur le développement des unités morphologiques dans les cellules infectées. Les deux groupes de chercheurs américains qui ont étudié des coupes minces de cellules embryonnaires au microscope électronique sont d'accord sur le fait qu'on ne peut voir de structure interne dans les premiers stades de l'infection, la seule chose anormale étant l'accumulation de sphères sur le bord libre de la cellule. Selon leur point de vue, ou bien les particules sont «créées» par extrusion de portions convenablement organisées de la surface cellulaire ou bien le développement intracytoplasmique de nouvelles particules ne produit pas de désorganisation visible du cytoplasme. Avec les virus voisins, mais plus pathogènes, de la maladie de Newcastle et de la peste des volailles il y a des lésions visibles du cytoplasme et des mitochondries dans les cellules entières des tissus en culture. Flewett et Challice ont observé de longs filaments dans le cytoplasme, à partir desquels les particules du virus de la peste des volailles paraissent se développer par fragmentation. Cependant, à cause de la méthode utilisée, il n'est pas certain que les filaments observés se trouvaient bien dans le cytoplasme et non déjà à sa surface.

DÉVELOPPEMENT DU VIRUS DE LA GRIPPE DANS LA CELLULE HÔTE

Il reste encore beaucoup de points obscurs au sujet de la multiplication intracellulaire du virus de la grippe. Il est possible que le schéma habituellement admis subisse une modification radicale si certaines de nos suppositions sur la relation quantitative des titres en hémoagglutinine et de la capacité d'infection avec le nombre de particules de virus se révélaient erronées. Cependant, à l'heure actuelle il semble y avoir de bonnes raisons de penser que les faits se déroulent suivant ce schéma lorsqu'une particule de virus pénètre et induit une infection dans une cellule sensible de la cavité allantoïdienne.

La première étape est l'adsorption du virus sur quelque «récepteur» mucoprotéinique de la surface cellulaire (figure 3). Une fois fixé il est probablement inclus à l'intérieur du cytoplasme par un phénomène analogue à celui du mouillage d'un grain de poussière dans une goutte d'eau. Dans le cytoplasme une interaction entre le virus et une certaine partie de ce qui l'entoure produit un phénomène qui fait disparaître la particule de virus en tant qu'entité visible. En nous servant de suggestions tirées du comportement des virus bactériens nous pouvons imaginer un dépliement de la particule destiné à permettre à ses éléments génétiques de prendre un contact effectif avec les constituants cellulaires qui leur transmettraient l'énergie et les substances exigées pour leur reproduction. On ne peut détecter aucun virus dans les trois ou quatre heures qui suivent la pénétration, et durant cette période il nous faut postuler un processus de multiplication rapide des éléments génétiques. Leur reproduction se fait probablement en grande partie en tant que «groupes de linkage» indépendants, bien que certains faits génétiques indiquent la possibilité de la duplication d'unités génétiques plus petites, à part. La relation entre la copie des éléments génétiques et la reproduction de ce qu'on peut appeler les propriétés somatiques (hémoagglutinine et antigène) est un problème majeur qui reste posé. On a suggéré que le complexe des unités génétiques avec les éléments de la cellule hôte qui synthétisent les protéines et contiennent du RNA, pourrait être l'équivalent de l'«antigène soluble fixateur du complément» produit en quantité relativement grande par les cellules infectées. Ceci, cependant, peut représenter une «confusion de catégories» probablement inacceptable pour la plupart des virologues. Quel que soit le mécanisme, au bout d'environ quatre heures, de nouvelles particules infectieuses et hémoagglutinantes peuvent être mises en évidence et commencent un peu plus tard à être libérées dans le milieu. Le processus de cette libération ne ressemble pas à la libération explosive de virus à partir d'une bactérie infectée. Il atteint son maximum deux ou trois heures après la première apparition de virus et il est possible qu'il se poursuive pendant vingt-quatre heures (un total d'environ 100 à 200 particules de virus étant libérées par cellule). Des lésions importantes de la cellule ne deviennent visibles que plusieurs heures après la période la plus active de production et de libération de virus. Dans quantités de conditions faiblement désavantageuses la nouvelle génération de virus renferme beaucoup (quelquefois plus de 99%) de virus «incomplets» capables d'agglutiner les globules rouges mais ne pouvant induire une infection typique de nouvelles cellules sensibles.

CONCLUSION

Ce tableau des propriétés et du comportement d'un des plus simples de tous les organismes vivants doit nécessairement rester très incomplet, mais, même dans le cadre que nous connaissons déjà, il semble présenter une importante leçon de biologie générale. Cette leçon c'est l'importance qu'il faut attribuer à la structure. Considérée indépendamment de la structure de ses macromolécules toute particule de virus grippal est semblable à une autre et ne se distingue d'un fragment de cytoplasme de la cellule hôte que par une médiocre régularité de taille et de forme. Certaines des protéines ont, cependant, de nouvelles structures spécifiques remplaçant les structures caractéristiques des protéines de l'hôte — ou peut-être s'y surajoutant — et nous pouvons considérer comme certain que les 0,8% vitaux de RNA apportent un caractère nettement différent de celui du RNA cytoplasmique dont il doit dériver. Il est possible que les lipides contenus en grande quantité dans la particule présentent aussi leur propre série de structures caractéristiques mais la démonstration de ce fait est subordonnée à la mise au point de techniques appropriées. Suivant cette vue, le virus de la grippe n'est plus qu'un fragment de matière vivante comportant certaines structures, lesquelles déterminent si la particule est, comme la plupart des souches de laboratoire, virulente seulement pour l'embryon de poulet ou, à l'autre extrême, capable de provoquer une épidémie généralisée comme celle de 1918 avec ses vingt millions de morts.

En dernière analyse, la structure moléculaire est un concept strictement chimique et dans le cas de la spécificité antigénique on a pu définir les groupements responsables de la détermination de la structure antigénique pour un grand nombre d'antigènes artificiels. Ici Landsteiner et Pauling sont les deux noms qui viennent d'abord à l'esprit. Les enzymologistes ont eu beaucoup moins de succès. On a maintenant purifié et cristallisé la plupart des enzymes libérées pour des fonctions spécifiques. On a beaucoup appris sur la spécificité de l'action enzymatique traduite en termes de structures chimiques que l'on peut ou non briser et qui agissent ou non comme inhibiteurs de l'action enzymatique. Pourtant, de même que nous n'avons d'autre moyen de parler de l'aspect spécifique de l'anticorps que comme «l'aspect complémentaire» du déterminant connu ou inconnu de l'antigène correspondant, de même, nous sommes également contraints de parler de la structure essentielle de l'enzyme comme d'une structure chimique moléculaire, peut-être légèrement déformée, complémentaire de celle des groupements spécifiques du substrat. Quand nous avons affaire à des antigènes naturels ou à toutes les successions importantes d'actions enzymatiques à l'intérieur de la cellule, nous en sommes réduits à faire le meilleur usage possible de concepts purement fonctionnels.

En génétique, nous savons clairement que de simples gènes peuvent, ou peut-être doivent, être spécifiquement reliés à des structures protéiniques analogues à celles des antigènes ou des enzymes. La majeure partie du travail génétique, sur des organismes plus complexes que les bactéries et les moisissures s'occupe, il est vrai, de la systématisation de l'hérédité des caractères morphologiques ou fonctionnels en dehors de toute définition chimique. Les cartes chromosomiques représentent le type caractéristique de généralisation; ce sont des schémas qui en dernière analyse peuvent représenter d'autres schémas de l'arrangement des purines et des pyrimidines dans la chaîne macromoléculaire de DNA, mais qu'on ne pourra probablement jamais traduire ainsi. Avec tout le respect dû aux succès des méthodes biochimiques, il devient de plus en plus évident que la compréhension des phénomènes de base de la biologie peut demander des voies d'accès entièrement différentes, ayant pour base des successions de structures spécifiques.

Une justification très nette des recherches sur le virus de la grippe découle de son importance comme agent de maladie humaine. Pour le biologiste, un virus animal constitue une sonde particulièrement précieuse pour explorer la structure et le fonctionnement de la cellule des vertébrés et, à mesure que se développent les idées sur les structures spécifiques, il revêt une importance spéciale. Il n'est donc pas totalement fantaisiste de dire que nous avons dans le virus de la grippe un moyen unique de déchiffrer quelques-uns des secrets qui se trouvent à la base de la vie cellulaire.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BURNET, F. M. et STONE, J. D. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.*, **25**, 227, 1947.

[2] ADA, G. L. et STONE, J. D. *Brit. J. exp. Path.*, **31**, 256, 1950.

[3] HIRST, G. K. *J. exp. Med.*, **96**, 589, 1952.

[4] BURNET, F. M. et LIND, P. E. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.*, **30**, 469, 1952.

[5] KNIGHT, C. A. *J. exp. Med.*, **85**, 99, 1947.

[6] COHN, Z. A. *Proc. Soc. exp. Biol., N.Y.*, **79**, 566, 1952.

Robert Hooke (1635–1703), le premier microscopiste anglais

par CHARLES SINGER

Le nom de Hooke évoque habituellement de géniales inventions dans le domaine de la mécanique mais c'est un autre aspect de l'œuvre du savant que fait valoir le présent article. Sa *Micrographia* (1665) révèle une étonnante acuité d'observation ainsi qu'un talent peu ordinaire de dessinateur et d'écrivain, comme on pourra s'en rendre compte d'après les extraits et les illustrations reproduits ici. Le livre suscita un intérêt accru pour les recherches microscopiques, pour le plus grand bien de la Biologie et de la Médecine.

Lorsque Galilée eut inventé le microscope composé, les premiers à l'utiliser furent ses collègues de l'*Accademia dei Lincei*, notamment Federigo Cesi (1585–1630) et Francesco Stelluti (1577–1653), l'un président, l'autre secrétaire (voir *Endeavour*, **12**, 197, 1953). Ils continuèrent leurs observations quelques années encore, mais le monde scientifique s'y intéressa fort peu: la période qui s'étend de 1625 à 1665 est une page blanche de l'histoire de la micrographie. A part quelques travaux de Malpighi sur les capillaires du réseau sanguin, rien d'important n'avait paru quand Robert Hooke publia à Londres en 1665 sa fameuse *Micrographia*. C'est la *Royal Society* naissante qui encouragea la production de l'ouvrage, de même que l'*Accademia dei Lincei* suscita l'*Apiarium* de Stelluti et Cesi. L'œuvre de Hooke, cependant, s'imposa à un très grand nombre de lecteurs, et devint d'emblée un classique de la «Philosophie nouvelle».

A mesure que leurs télescopes découvraient des étoiles nouvelles, Galilée et ses successeurs avaient révélé à leurs contemporains l'immensité de l'univers. Mais en 1665 le monde des organismes infiniment petits était encore ignoré et c'est Hooke qui le premier commença de l'explorer. Jusque-là les êtres vivants, minuscules au point d'être invisibles, avaient eu une existence purement hypothétique: la *Micrographia* de Hooke en confirma la réalité, ce qu'avait fait le *Sidereus Nuntius* de Galilée en 1610 pour les mondes célestes. Hooke dit de son instrument que la faculté de comprendre, modifier, aider et améliorer les œuvres de la nature peut être secondée par la technique et l'expérience au point de mettre entre certains savants et les autres autant de distance qu'entre ceux-ci et les bêtes, quant à la qualité de leurs observations et de leurs raisonnements. Il s'adonnait de préférence aux expériences de Physique et n'accorda que les deux années 1663 et 1664 à l'observation biologique. Les découvertes vraiment remarquables qu'il fit pendant cette courte période sont consignées dans son livre, dans ses magnifiques dessins surtout. Quelques-uns de ceux-ci ont peut-être pour auteur son ami Christopher Wren (1632–1723) qui incidemment fut très exactement le contemporain d'Antoni van Leeuwenhoek, le plus actif des grands microscopistes.

Le plus connu des apports de Hooke à la Biologie est le mot «cellule». Dans une mince coupe de liège il observa une série de pores. Il compta plusieurs lignes de ces pores et trouva qu'environ 70 de ces petites «cellules» placées bout à bout s'étendaient sur une longueur d'environ un septième de centimètre (figure 2). Il va de soi qu'il ignorait la nature d'une cellule au sens moderne du mot, et il l'emploie dans le sens étymologique de «petite chambre». Il n'en est pas moins vrai qu'un de ses dessins montre les contours d'une cellule vivante sur la surface d'une feuille d'ortie (figure 4) et il décrit très bien le poil piquant de la plante. Il donne aussi une description et une représentation schématique des cellules des feuilles de mousse (figure 5D).

«La mousse, dit-il, a une racine pourvue de menus poils ou crochets, qui donne naissance à une tige couverte de petites cannelures parallèles longitudinales. La tige est garnie latéralement de touffes épaisses de feuilles bien formées, dont chacune est couverte d'une multitude de petits corps oblongs et transparents. Au sommet des feuilles s'élance une petite soie transparente (figure 5A) qui porte une grosse capsule recouverte d'une coiffe, ou calyptre, épaisse et pointue (figure 5B). Celle-ci se déchire peu à peu, puis se détache de la

FIGURE 1 – *Le microscope de Hooke. Il fut le seul des microscopistes classiques à se servir du microscope composé. Le tube cylindrique de 15 ou 17 cm pouvait être allongé au moyen de quatre tubes coulissants. L'oculaire plan-convexe s'appuyait sur le haut du cylindre. Objectif bi-convexe à distance focale très courte et diaphragme à très petite ouverture. Pour certaines observations il insérait une troisième lentille entre les deux autres. Le cylindre est surmonté d'une sorte de coupe qui sert seulement à maintenir la bonne distance entre l'œil et l'oculaire. Le dispositif éclairant ne devait pas être très efficace.*

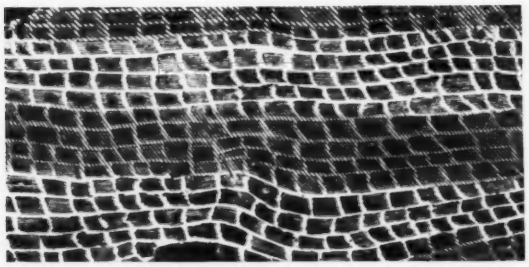


FIGURE 2 – *Cloisons cellulaires dans une coupe de liège.*

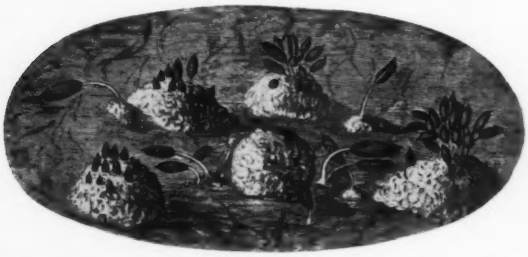


FIGURE 3 – *Surface d'une feuille de rose infestée par un champignon du type Ascomycète. On voit les asques à divers stades de formation.*

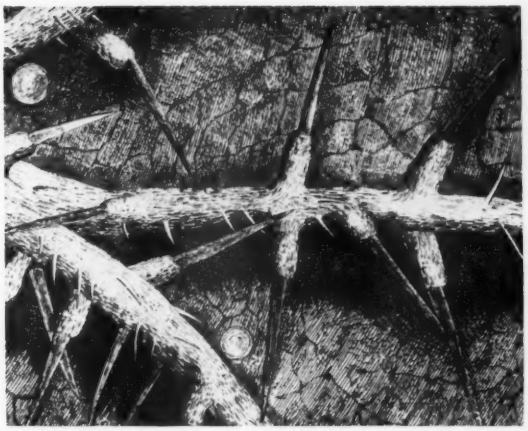


FIGURE 4 – *Fragment de la face inférieure d'une feuille d'ortie. Les petits poils simples se distinguent des plus gros piquants à base bulbeuse. On voit la configuration des cellules de l'épiderme et on distingue quelque chose qui pourrait être le noyau.*

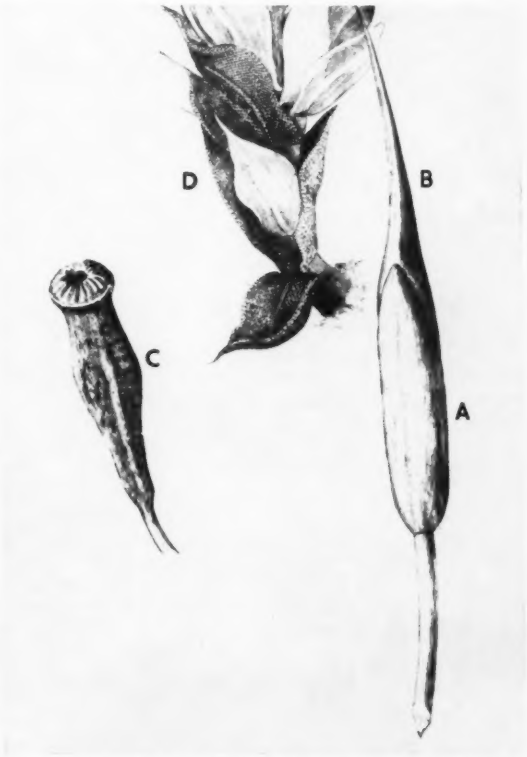


FIGURE 5 – *Mousse* (Polytrichum?). *A la surface de quelques feuilles on voit nettement quelques cellules.* (B) *Soie surmontée de la capsule portant encore la coiffe.* (C) *La coiffe s'est détachée, découvrant l'opercule.*

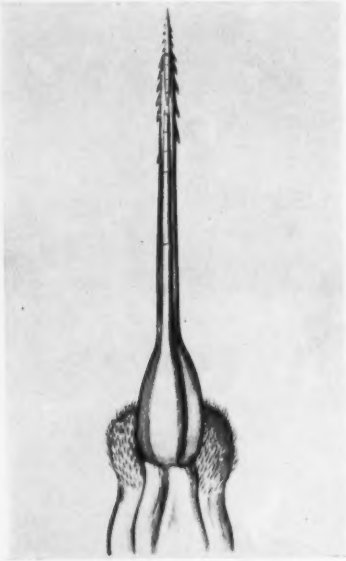


FIGURE 6 – *Aiguillon d'abeille; à sa base, le bulbe à venin. On distingue le stylet et les deux lancettes barbelées.*

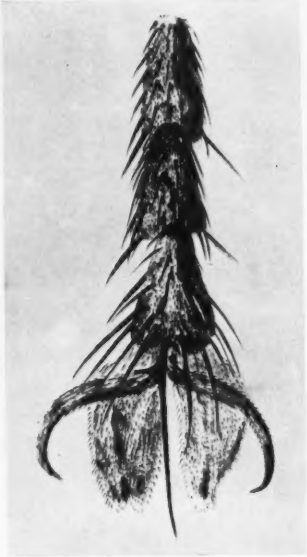


FIGURE 7 – *Tarse de mouche domestique. On voit bien les poils sur les trois derniers articles, les crochets terminaux et les deux pelotes garnies de poils minuscules.*

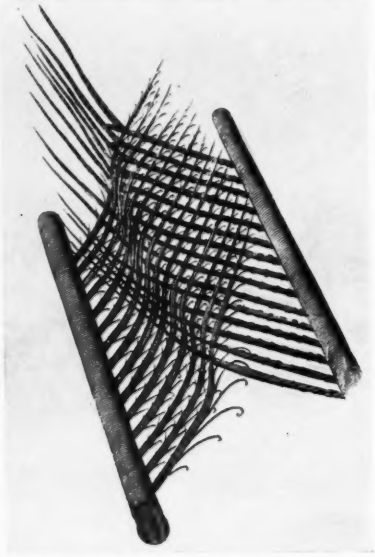


FIGURE 8 – *Eléments d'une plume d'oie. Les barbules sont liées les unes aux autres par des filaments crochus (barbicelles).*

capsule, laissant à découvert une sorte de bouton à côtes aplaties. Celui-ci grossit à mesure que la capsule mûrit et une ouverture se forme par son milieu» (figure 5C).

Ses remarques sur les moisissures sont à signaler: il décrit une variété, sans doute un *Mucor*, qui croît sur le cuir humide des vieux livres. Il a observé une autre, de l'ordre des Ascomycètes, qui pousse en automne sur la face inférieure des feuilles de roses, et il en a dessiné les filaments sporifères (figure 3).

Parmi ses dessins animaliers il y a notamment une vue structurale d'un aiguillon d'abeille (figure 6), mieux représentée que décrite, et une patte de mouche d'une facture magnifique (figure 7) qui devinrent par la suite des sujets classiques d'étude microscopique. Ce n'est qu'à la fin du 19e siècle qu'on a réussi à représenter mieux qu'il ne l'avait fait la structure d'une plume d'oiseau (figure 8). Ce qu'il a fait de plus frappant ce sont deux planches représentant un pou et une puce considérablement grossis: la puce mesure 40 cm (figure 9) et a sans doute inspiré le «Spectre de la Puce» (figure 10) cet étrange dessin de William Blake (1757–1827).

La façon dont il s'y prend pour observer les yeux composés des insectes donne une idée de sa perspicacité. Les organes en question se composent d'agglomérations souvent considérables d'ocelles dont chacun possède son propre cristallin et son filet nerveux. Chaque ocelle reçoit l'image d'un objet sous un angle différent de celui des autres. Aussi les zoologistes se sont toujours demandés comment ces images arrivent à fusionner, si toutefois elles le font, et quelle peut être la réaction de l'insecte. Hooke, avec une intuition géniale, touche du doigt le problème:

«Je pris, dit-il, une mouche grise à grosse tête. Je plaçai la tête, séparée du corps, sur le porte-objet, la partie antérieure tournée vers le haut (figure 11). Je n'avais jamais vu chez une autre mouche de cette taille des grappes d'yeux aussi grosses; elles couvraient presque toute la tête. Leur surface présentait une multitude de petits hémisphères disposés en rangées d'une régularité parfaite. Je m'en rendis compte en faisant passer et repasser des objets entre la tête et la lumière, puis en détachant les cornées et examinant leur côté intérieur en opposition à la lumière. La surface de chacun de ces petits hémisphères reflètent les objets aussi parfaitement et complètement que celle d'une petite boule de mercure de même taille. J'y voyais par exemple tous les détails du paysage sur lequel donne ma fenêtre, une partie de cette fenêtre et ma main placée entre la fenêtre et l'objet» (figure 14).

La série d'observations biologiques la plus complète qu'il ait faite est celle du moustique commun, ou cousin (*Culex*), dont le cycle de vie comporte trois métamorphoses complètes (figure 12). C'est un fait d'histoire naturelle que les écoliers d'aujourd'hui connaissent bien; mais c'est Hooke qui le premier en a donné une description précise. Voici ce qu'il dit de la larve aquatique du moustique (figure 13):

«C'est une créature bien différente de toutes celles que j'ai observées tant par sa forme que par ses mouvements. La tête est grosse pour le corps, et pourvue de deux sortes de cornes très mobiles surmontées de touffes de poils qui sont peut-être des narines». Il s'agit des antennes qui par leur mouvement incessant captent les micro-organismes aquatiques dont la larve se nourrit. «La bouche, assez grande, ressemble à celle des crabes et des homards.

«Je pouvais voir distinctement à travers la coque transparente des choses en mouvement dans la tête, le thorax et le ventre, ce qui montre à quel point le microscope est utile pour observer les fonctions du corps des animaux; nous les voyons ainsi se dérouler naturellement, sans être dérangées, à travers les téguments transparents. D'autre part, quand nous essayons de surprendre les secrets de la nature, en déchiquetant par la dissection des créatures encore vivantes, nous trouvons des organes qui fonctionnent encore, mais déréglés par notre intervention brutale. Combien différent aurait été le spectacle si nous pouvions, sans effraction pour ainsi dire, les observer à l'aide d'un microscope!

«Le schéma montre clairement les différentes parties de l'animal: la partie postérieure ou abdomen se compose de huit segments dont chacun porte latéralement trois ou quatre petits poils ou soies. La queue comprend deux parties bien distinctes; l'une a plusieurs touffes de soies qui semblent servir de nageoires et de queue, de rames et de gouvernail, et permettent à l'animal de se propulser et se diriger dans n'importe quelle direction. L'autre semble être un neuvième segment de l'abdomen et porte plusieurs soies de chaque côté». C'est l'organe respiratoire dont, au

FIGURE 9 – (*à gauche*) *Tête de puce, de même dimension que celle du dessin de Hooke.*

FIGURE 10 – (*à droite*) *«Spectre d'une Puce», dessin de William Blake, qui s'inspire manifestement de celui de Hooke. Le premier article de la patte antérieure représente la mâchoire inférieure du fantôme. Le prothorax, le mésothorax et le métathorax de l'insecte paraissent comme des plaques sur le cou du fantôme dont l'étrange chevelure s'identifie avec les soies du prothorax. On peut facilement relever d'autres analogies.*

Reproduction aimablement autorisée par la Direction de la Tate Gallery de Londres.

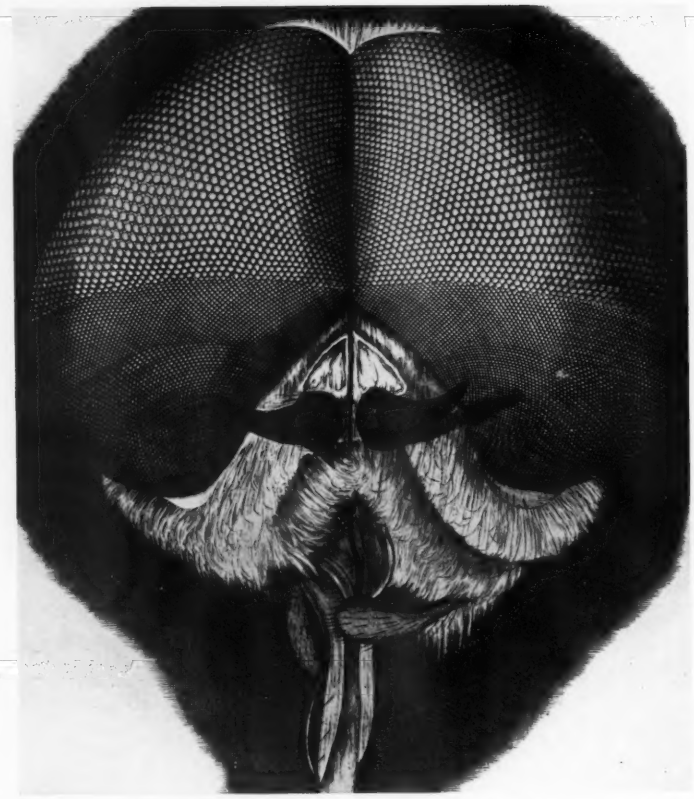


FIGURE 11 – *Tête de libellule; espèce non-identifiée. Hooke estime qu'elle porte environ* 14 000 «*hémisphères*».

FIGURE 12 – *Femelle adulte de moustique* (Stegomya?).

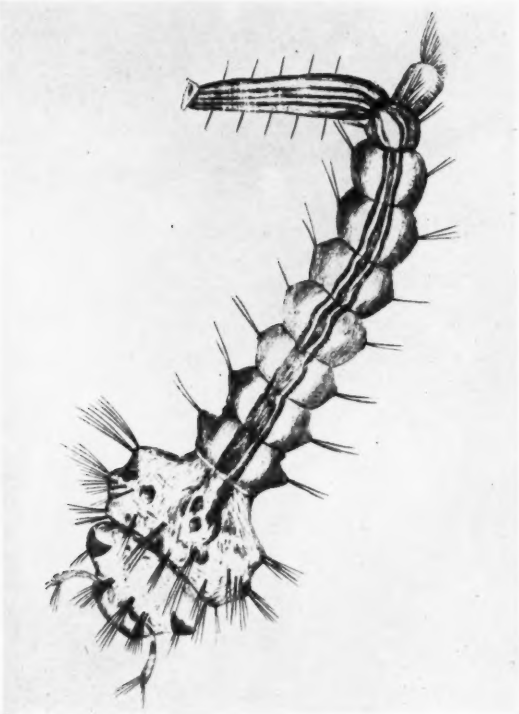


FIGURE 13 – *Larve de moustique.*

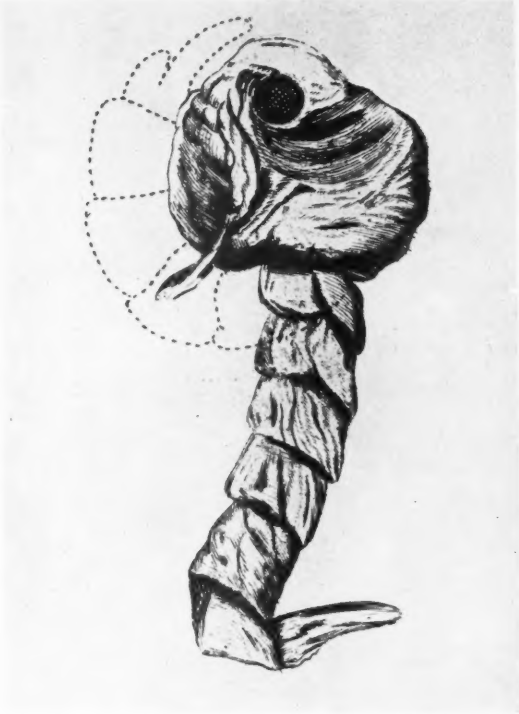


FIGURE 15 – *Nymphe de moustique. Hooke indique en pointillé la position de l'abdomen de l'insecte en plongée.*

repos, l'extrémité s'évase à la surface de l'eau. «Une sorte d'intestin, de couleur plus sombre, parcourt l'abdomen d'un bout à l'autre. Le thorax est épais, court, et assez transparent pour laisser apercevoir les battements du cœur et d'autres mouvements; il porte en-dessus et en-dessous des touffes de soies. La tête, large et courte est également parsemée de soies, et porte deux yeux noirs et deux petites cornes.

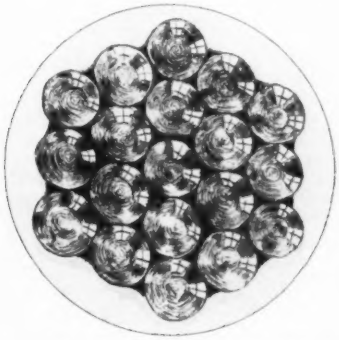


FIGURE 14 – *Fragment de la surface cornéenne d'une tête de mouche domestique, contenant 19 hémisphères. On voit dans chacun l'image réfléchie des deux fenêtres du cabinet de travail de Hooke.*

«Qu'il soit en mouvement ou en repos, il est curieux et agréable à voir. Au repos, la queue, plus légère que l'eau et que le reste du corps, remonte à la surface où le corps reste suspendu la tête en bas. Si quelque frétillement l'en détache, il remonte aussitôt. Cette attitude me fait souvenir d'une bête apportée d'Amérique et que j'ai vue à Londres. Elle se suspendait par la queue la tête en bas. L'on dit qu'elle dort dans cette position, avec ses petits dans une poche où elle les met au monde, les garde et les nourrit». Il s'agit d'une sarigue, marsupial que l'on exposait alors à Londres.

Hooke décrit ensuite le passage de la larve à l'état de nymphe, aquatique également, puis la sortie et l'envol de l'insecte parfait.

«Ce que ces insectes ont de plus de remarquable c'est leurs métamorphoses. Voilà pourquoi je me suis attaché à les observer au moment de leurs transformations. D'abord je remarquai un changement complet de forme: la tête et le thorax devenaient bien plus gros et plus épais que l'abdomen (ou alors celui-ci devenait plus petit) et tout

le corps semblait roulé sur lui-même (figure 15). La tête et les cornes affleuraient maintenant à la surface, et le corps semblait plus léger, car à la moindre alerte ils se réfugiaient au fond d'un battement de leur queue, puis remontaient plus rapidement que dans l'état larvaire.

«Ils grossissaient à vue d'œil et la nature leur fournissait l'équipement qu'il fallait pour vivre dans l'élément plus léger qui serait bientôt le leur. En examinant l'un d'eux sous mon microscope, je lui trouvai des yeux tout différents, couverts de protubérances comme ceux des moustiques. Enfin, je vis une partie de l'insecte hors de l'eau; il y rentrait précipitamment quand je l'effrayais, et remontait tout aussitôt. Après quelques instants je vis émerger la tête et le corps d'un moustique. Peu à peu les pattes se dégagèrent, d'abord les deux antérieures, puis les autres, et enfin, l'insecte sortit tout entier de son enveloppe, et se tint debout à la surface. Il commença ensuite à s'agiter et enfin prit son vol à l'intérieur du bocal» (figure 12).

La publication de *Micrographia* fut le prélude d'une floraison de découvertes microscopiques. En Italie, Marcello Malpighi intensifia le rythme de ses observations. Nehemiah Grew (1641–1712) en Angleterre, continua les recherches entreprises par Hooke sur les végétaux et ses dessins restèrent les classiques du genre pendant un siècle et demi. En Hollande deux micrographes de génie, Jan Swammerdam (1637–80) et Antoni van Leeuwenhoek reculèrent les limites du monde microscopique connu. Aucun d'entre eux toutefois n'eut l'imagination intuitive ni le talent littéraire de Hooke. De plus, aucun des cinq microscopistes classiques n'entretint de relations suivies avec les quatre autres, et aucun ne fit école. Après eux commence une période de quasi-stérilité qui s'étend presque sans interruption jusqu'au 19e siècle, époque où le microscope reçut de notables perfectionnements.

Quand on tient compte de ses nombreuses autres activités et du fait qu'il n'a consacré que deux ans à la microscopie biologique, domaine où il fut un des premiers à s'aventurer, Hooke est, de tous les microscopistes classiques, celui qui a sans doute accompli l'œuvre la plus remarquable et ce n'est pas le moindre de ses mérites que d'avoir exposé ses découvertes dans un style clair et agréable, apprécié même de nos jours. En somme, Hooke n'a pas été seulement un des techniciens les plus brillants que la Grande-Bretagne ait produits, et un éminent théoricien scientifique; il a été aussi un maître observateur de la nature et un écrivain de valeur. Il n'est pas fréquent de rencontrer chez un seul homme une telle diversité de talents.

Les agrandissements de Hooke ne dépassent pas 150 diamètres et varient d'un dessin à l'autre. En outre, certaines de ses figures ont été quelque peu réduites pour s'adapter à notre format, de sorte qu'il est difficile d'indiquer le grossissement exact de chaque figure. Voici, en valeurs approximatives, quelques exemples des grossissements que l'on trouve dans *Micrographia*: 124 diamètres pour la plume de la figure 8; 120 pour la puce de la figure 9, et 56 pour les Ascomycètes de la figure 3. Ces chiffres nous ont été aimablement communiqués par Miss Margaret E. Rowbottom, du *Wellcome Historical Medical Museum*.

Les douze blancs

par E. N. WILLMER

Il est rappelé que la perception du blanc, de même que la vision colorée, dépend surtout de l'intensité de la lumière et de la condition physiologique de l'appareil visuel. L'auteur passe ensuite en revue les diverses circonstances où l'œil reçoit une impression de blanc, soit quand la vision colorée est normale soit quand elle est défectueuse. Le rôle de la fovéa, ou fosse centrale de la rétine, est signalé tout particulièrement.

Pour qu'une théorie de la vision des couleurs soit valable elle devra tenir compte des propriétés physiques de la lumière, des propriétés physiologiques de la rétine et de ses ramifications avec les zones appropriées du cerveau, et enfin des propriétés psychologiques de l'esprit. En résolvant le mystère de la perception des couleurs la théorie aura du même coup inclus la sensation du blanc, sensation plus fondamentale, moins spectaculaire peut-être, mais, tout comme celle des couleurs, ayant ses racines physiques, physiologiques et psychologiques. Le blanc diffère d'ailleurs de la couleur par le fait qu'on peut en éprouver la sensation dans les conditions les plus diverses. La sensation de blancheur, de manque de couleur, ou plus simplement de «lumière» est sans doute la sensation visuelle la plus primitive; la perception des couleurs exige certainement des mécanismes auxiliaires.

Le mot blanc évoque un concept général que chacun comprend et pourtant il est presque impossible à définir; c'est parce que la blancheur, tout comme la couleur, est un phénomène purement subjectif. Il s'identifie avec le manque absolu de toute sensation de couleur, et, comme la couleur, il repose autant sur des mécanismes physiologiques que sur les caractéristiques physiques de la lumière. Toutes choses égales, on peut dire que la lumière d'un ciel boréal est blanche, surtout si le ciel est couvert et la lumière est réfléchie sur une surface d'oxyde de magnésium. Le rayonnement d'un corps noir porté à 5500° K environ donne également la sensation de blanc. On pourrait adopter l'un ou l'autre comme étalon arbitraire de blanc. Remarquons cependant que la lumière émise dans les cas précités apparaîtrait également verte si l'œil de l'observateur était préalablement exposé et «adapté» à une vive lumière rouge. Si le lecteur suit les instructions données à la figure 4 il se convaincra qu'une page blanche peut présenter une tout autre apparence.

On dit parfois de la lumière du soleil qu'elle est blanche, mais le plus souvent elle paraît jaunâtre, surtout quand on la compare à la lumière qui vient des nuages d'un ciel du nord. C'est là un phénomène curieux qui a des racines physiologiques et psychologiques, qu'on appelle blanche la surface qui l'est le plus, jusqu'au moment où un objet plus blanc se présente dans le champ visuel. On considère aussi comme blanches les surfaces qu'on sait pertinemment être blanches — du papier ou un mur blancs, par exemple — même si la lumière qu'elles réfléchissent est rouge, ou de toute autre couleur. Nous allons donc énumérer brièvement les circonstances où l'on peut éprouver la sensation de blanc.

1. Dans des conditions dites «photopiques», l'œil est adapté à la lumière du jour et en parfait état de distinguer les couleurs. On produira alors normalement la sensation de blanc en employant un rayonnement comprenant toutes les radiations du spectre visible en proportions semblables à celles dans le spectre d'un ciel boréal ou d'un corps noir rayonnant à 5500° K. Dans ces conditions un étalon quelconque placé dans des circonstances analogues à celles que nous venons de décrire paraîtra blanc puisqu'il donnera la sensation d'un manque de couleur. L'œil tend à s'adapter aux couleurs et à désaturer celles qui sont presque blanches jusqu'à ce qu'il puisse en accepter une comme blanc authentique.

2. Chacun sait que la sensation de blanc peut émaner du mélange de certains couples de bandes données, dites complémentaires, dans les proportions qui conviennent. Ainsi, une lumière jaune additionnée de la quantité convenable de bleu devient blanche (figure 1); de même, l'addition de lumière rouge au bleu-vert approprié efface toute couleur. Ces mélanges sont absolument identiques aux blancs produits par le spectre tout entier. Il est utile de rappeler que le mélange de *pigments* jaunes et bleus ne donne pas le même

FIGURE 1 – *Le blanc de gauche est un mélange de bleu avec du jaune monochromatique. Le blanc de droite est un mélange de bleu avec du jaune obtenu au moyen de rouge et de vert.*

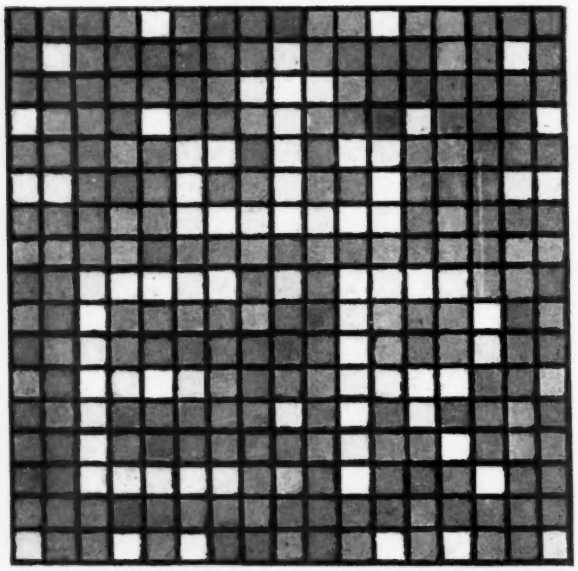


FIGURE 2 – *Si vous ne percevez pas de dessin dans cette figure, examinez-la avec un recul de plus de 4 mètres (cette figure doit être examinée à la lumière du jour).*

FIGURE 3 – *(à droite) Regardez fixement la tache verte en vous tenant à 3 ou 4 mètres et notez l'apparence de la jaune et de la blanche. Comparez leur couleur avec celle de l'anneau blanc.*

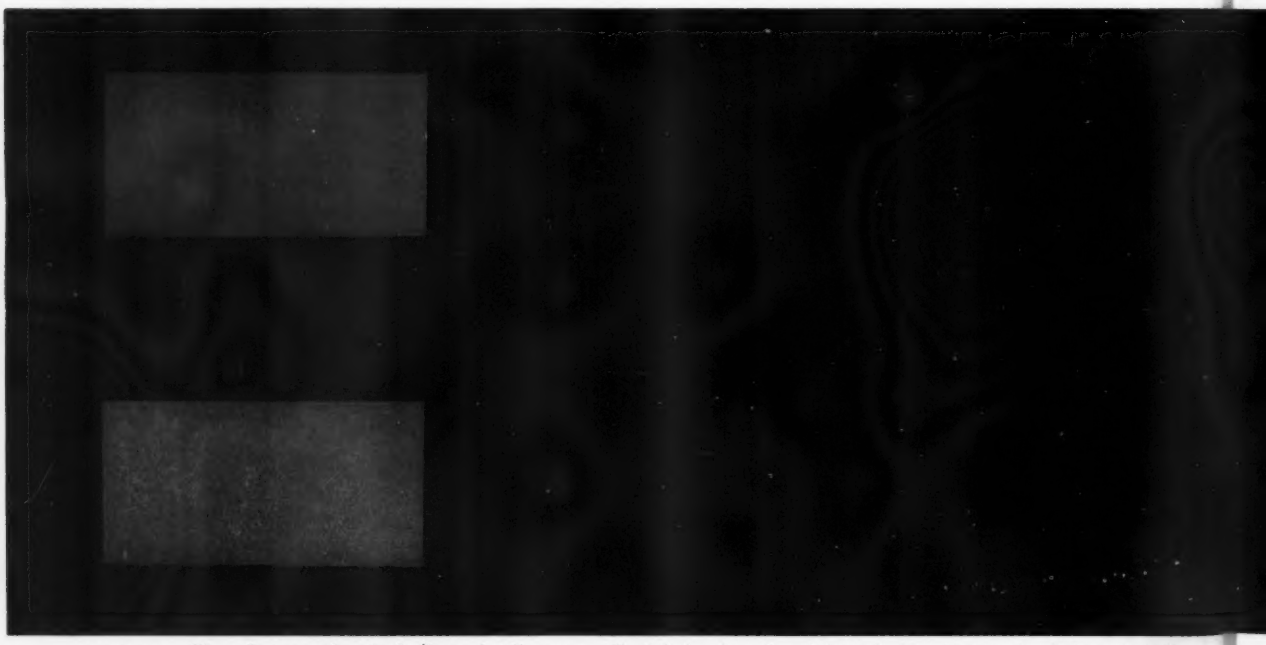
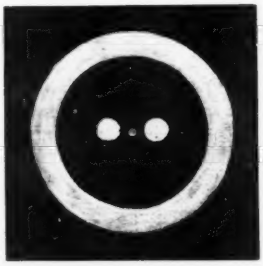


FIGURE 7 – *Tenez la page très près du visage de telle sorte que l'œil droit soit en face de la tache blanche et cachez la page de droite derrière le champ visuel de l'œil droit. Ramenez lentement la page de droite en avant jusqu'à ce que les taches coloriées arrivent*

FIGURE 4 – *Regardez fixement pendant 20 sec. au moins le point blanc situé entre les champs rouge et vert. Portez vite le regard sur la tache noire de la partie inférieure du diagramme et notez les champs «blancs».*



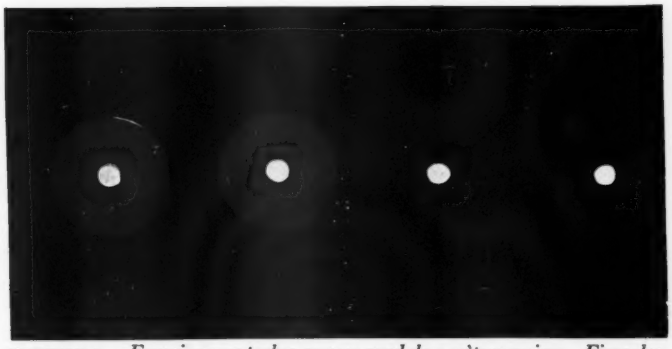


FIGURE 5 – *Examinez ces taches avec un recul de 4 mètres environ. Fixez-les tour-à-tour en évitant de bouger les yeux et classez-les par ordre de «blancheur».*

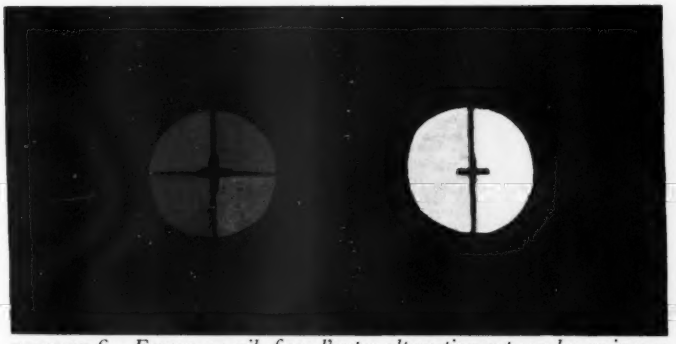


FIGURE 6 – *Fermez un œil, fixez l'autre alternativement sur les croix aux centres des deux champs circulaires (à 4 m de distance), évitez les mouvements de l'œil. Les résultats démontreront l'effet de la tritanopie de la fovéa.*

lentement en vue. Tout en gardant l'œil fixé sur la tache blanche notez la couleur des autres lorsque vous commencez à les apercevoir. Recommencez avec la page de gauche et avec l'œil gauche. Notez spécialement l'aspect de la tache supérieure de la page de gauche.

résultat parce qu'un tel mélange est soustractif alors que celui des *lumières* est additif.

3. Le fait est notoire qu'au crépuscule les fleurs bleues semblent se décolorer et blanchir alors que les rouges paraissent noires. Si un observateur placé dans une chambre noire examine un champ visuel éclairé de bleu ou de bleu-vert dont l'intensité est réduite progressivement, il verra se décolorer la lumière. L'instant de cette décoloration dépend de la longueur d'onde employée: au-dessous d'un certain niveau de luminosité toute lumière, monochromatique ou non, perd sa couleur. L'extrême rouge seul fait peut-être exception. Si l'on réduit peu à peu l'intensité d'une lumière qui paraît blanche à un observateur placé dans des conditions photopiques jusqu'à ce qu'elle soit à peine visible dans des conditions «scotopiques» (l'œil étant tout à fait adapté à la pénombre), en l'absence de facteurs perturbateurs, il aura l'impression qu'elle est incolore, puis, petit à petit, qu'elle tourne au noir en passant par le gris. Il y a donc une transition lente du blanc photopique au blanc scotopique, alors même que l'un résulte du spectre tout entier et l'autre d'une bande isolée. En somme, chacune des bandes du spectre peut donner du blanc, à l'exception possible du rouge extrême, à condition que l'intensité soit au-dessous d'un certain niveau et que l'œil soit parfaitement adapté à la pénombre.

4. Toutes les couleurs tendent à se décolorer quand on les rend suffisamment brillantes; elles se désaturent et paraissent finalement blanches. C'est particulièrement vrai des jaunes et des verts qui sont peu saturés par nature; par contre, les violets et les rouges qui le sont fortement sont évidemment plus difficiles à désaturer. Les couleurs se désaturent donc non seulement vers le gris et le noir aux faibles niveaux de luminosité, mais aussi vers le blanc aux niveaux élevés.

5. Le dessin de la figure 2, vu de près, ne représente sans doute rien pour la plupart des lecteurs, mais son sens apparaîtra clairement si on le regarde à 3 ou 4 mètres de distance. Pour des raisons analogues la tache jaune entourée de bleu de la figure 5 semblera tout à fait incolore si on l'observe avec le même recul. Si on la fixe de façon intense elle paraîtra même plus blanche que la tache vraiment blanche sur fond noir, vue de la même manière. Si on observe les taches de cette figure de droite à gauche on trouvera qu'elles deviennent de plus en plus blanches. On ne connaît pas bien la cause de ces anomalies. Peut-être s'agit-il partiellement d'un contraste simultané; l'étalement et la superposition des images sur la rétine y contribue sans doute, mais il se peut aussi que la cause en soit la même que celle des effets que nous décrirons dans la section suivante.

6. L'étude des effets du regard fixe et soutenu sur l'apparence des couleurs a montré que la fosse centrale ou «fovéa» (le point de l'œil où la vision est le plus distincte) est sujette à certaines confusions bien définies. On comprend mieux, dès lors, pourquoi la figure 2 acquiert son aspect particulier quand on l'examine avec un certain recul, et pourquoi la figure 6, un cercle divisé en quatre, a l'air d'un cercle coupé en deux seulement. Lorsque l'image tombe sur la fovéa, un point de la bande jaune du spectre situé à 5700 Å environ devient pareil au blanc. Les taches adjacentes de la figure 3 sembleront incolores si l'on fixe la verte avec un recul de 3 ou 4 mètres, car la différence de coloration disparaît totalement. Si l'on restreint la vision à la fovéa et qu'on regarde fixement et de façon soutenue, le point neutre (5700 Å) donne une sensation de blanc.

7. Un phénomène similaire se présente lors de la vision périphérique dans les conditions photopiques suivantes: on éclaire l'œil avec une source verte (5000 Å environ), le regard de l'observateur et le rayon lumineux formant un angle de plus de 70°. Dans ces conditions toutes les radiations de longueur d'onde moindre que 5000 Å paraissent bleuâtres, les autres jaunâtres. La figure 7 illustre le changement observé. On dira donc qu'une bande étroite, aux environs de 5000 Å, provoque une sensation incolore lorsqu'elle atteint la périphérie de la rétine dans des conditions photopiques.

8. Lorsque l'éclairement est médiocre la bande précitée s'étale dans les deux sens le long du spectre, et pour finir seules les grandes longueurs d'ondes paraissent encore colorées; elles paraissent d'ailleurs rouges et non plus jaunâtres comme c'était le cas pour la vision photopique et le restant du spectre paraît incolore. Bien que cet effet se produise à un niveau de luminosité plus élevé il est sans doute apparenté à l'effet décrit dans la section 3.

9. On appelle dichromatopes les sujets ayant une perception anormale des couleurs et capables de les identifier toutes au moyen de deux couleurs primaires au lieu de trois. On dit souvent à tort qu'ils ne sont pas capables de distinguer la troisième; ils comportent trois groupes principaux (la couleur absente est entre parenthèses): (1) les protanopes (rouge), (2) les deutéranopes (vert) et (3) les tritanopes (bleu). Tous ces sujets trouvent dans le spectre un point neutre qu'ils associent au

blanc et qui, pour eux, a la même qualité que leur sensation scotopique de la lumière. Suivant la nature du défaut le point neutre se situe respectivement à 4930 Å, 4970 Å et 5680 Å. Comme on le voit ce dernier est dans la même région du spectre que le point neutre de la fovéa normale; on dit d'ailleurs à juste titre que la fovéa est tritanopique. Chez les daltoniens (dichromatopes) il y a une région du spectre qui provoque la même sensation de blanc que le spectre tout entier ou que la vision scotopique d'une ou de toutes les bandes.

10. On observe un phénomène nouveau lorsque les protanopes et les deutéranopes limitent leur vision à la fovéa, comme c'est le cas s'ils observent la figure 6 à 3 ou 4 mètres de distance d'un regard fixe et soutenu. Les deux cercles leur paraîtront uniformément gris ou bien le degré de brillance variera dans les différents quadrants suivant leurs défauts respectifs. Lorsque ces sujets limitent strictement leur vision à la fovéa et qu'ils évitent les mouvements de l'œil, ils assimileront n'importe quelle couleur à du blanc. On dit que la sensation qu'ils éprouvent dans ces conditions est absolument identique à celle de leur blanc scotopique. Les tritanopes, par contre, ne présentent pas cette monochromatie fovéale. En résumé, quand les protanopes et les deutéranopes sont privés de tout champ de comparaison, toutes les régions du spectre leur paraissent incolores, et toutes les bandes également blanches, en vision fovéale.

11. Lorsque la vision d'une personne normale est limitée à la fovéa après adaptation préalable au rouge vif, une bonne partie du spectre (depuis 5200 Å, du vert au rouge) gagne une teinte uniforme très désaturée, presque blanche. L'adaptation au bleu vif ou au bleu-vert entraîne une désaturation accentuée du même genre dans la zone allant du bleu jusque vers 6400 Å. Le même effet peut encore se présenter, pour l'œil tout entier, si on l'adapte d'abord au violet, puis au rouge ou au bleu-vert: de larges portions du spectre se désaturent et il devient difficile de décrire la teinte observée. Bien que ces conditions ressemblent superficiellement à celles de la section 4 elles ne sont cependant pas identiques. L'adaptation de l'œil à certaines lumières vives dans des bandes restreintes est suivie d'une période pendant laquelle des zones étendues du spectre ne fournissent que des sensations incolores ou très désaturées.

12. Certains cas très rares d'achromatopisme, les monochromatopes, sont incapables de distinguer la moindre couleur dans le spectre. Dans toutes les conditions leur perception de la lumière est analogue à celle de leur sensation scotopique, et l'on peut donc supposer que c'est la sensation «incolore», le blanc des sujets normaux. On distingue deux ou peut-être trois classes de monochromatopes. On les classe suivant leur sensibilité relative en présence des diverses zones du spectre. Tous réagissent de façon semblable, et la seule sensation lumineuse qu'ils ressentent est celle du blanc avec des nuances allant du gris au noir.

Ce bref aperçu montre clairement que le blanc est une sensation plutôt vague qui peut être le résultat d'une diversité de causes. On parvient même à amener un sujet normal à voir du blanc des deux yeux alors qu'un seul œil est réellement éclairé de blanc photopique normal, tandis que l'autre observe soit du blanc scotopique, soit du blanc résultant d'une tache jaune tombant sur la fovéa ou d'une tache orange dont la couleur a été modifiée par adaptation préalable de l'œil au violet et au rouge. On est donc en droit de se demander ce que font les diverses cellules photoréceptrices en l'occurrence. Il est certain qu'elles ne jouent pas toujours le même rôle. Si l'on y réfléchit quelque peu c'est là une constatation déconcertante, compte tenu de la conception courante selon laquelle deux champs visuels apparemment identiques stimulent au même degré les récepteurs de la rétine. Lorsqu'on fixe la tache verte de la figure 3 avec un recul de 3 ou 4 mètres, l'anneau blanc semblera entourer deux taches blanches. Ces deux taches tombent sur la fovéa dichromatique, tandis que l'anneau est vu par la zone trichromatique voisine. De plus, si l'on réduit l'éclairement il arrivera un stade où, de quelque façon qu'on les observe, les taches paraîtront blanches ou grises: c'est la vision monochromatique («crépusculaire»). La sensation de blanc peut donc résulter de la stimulation du mécanisme approprié, mono-, di-, ou trichromatique, et l'œil ne perçoit pas le passage d'un système à l'autre.

Les orages de l'ionosphère

par SIR EDWARD APPLETON

Depuis que l'on sait que les ondes radiophoniques se propagent par réflexion dans l'ionosphère, celle-ci est l'objet d'explorations assidues au moyen de radiosondes et de fusées. C'est ainsi qu'on a constaté l'existence de perturbations d'origine magnétique dans les couches ionosphériques. L'étude de ces perturbations permet de comprendre, et d'éviter, dans une certaine mesure, les irrégularités dans la réception des signaux radiodiffusés.

On appelle ionosphère une couche d'air ionisé, située à grande altitude, qui entoure la terre. Il est important d'en poursuivre l'observation et l'étude théorique, aussi bien du point de vue pratique que du point de vue scientifique. Nous savons que c'est grâce au pouvoir réflecteur de l'ionosphère que les ondes radiophoniques peuvent se propager sur de grandes distances; l'ionosphère elle-même est un véritable laboratoire, où le physicien peut étudier les mécanismes atomiques d'ionisation et de recombinaison électronique sous des pressions très basses, irréalisables au niveau du sol. Son existence s'est révélée en 1924, à la suite d'expériences sur la réflexion des ondes radiophoniques. Ces observations sont devenues par la suite plus précises, et plus nombreuses sur la surface de la terre; depuis quelques années, on utilise des sondes-fusées.

L'ionosphère se subdivise en plusieurs couches, dont l'ionisation subit des variations régulières, diurnes, saisonnières, ou en rapport avec les cycles des taches solaires. Vingt-cinq années d'études ont permis de développer le domaine des prévisions ionosphériques. En se fondant sur les événements passés, et sur l'allure probable du cycle solaire, on peut prédire approximativement les conditions ionosphériques probables, par exemple, trois mois à l'avance. Une théorie radiophonique permet alors de prévoir quelles seront les longueurs d'ondes qui se réfléchiront avec le plus d'efficacité sur l'ionosphère, à toute heure du jour, sur n'importe quel trajet, et en tout point du globe. En Grande-Bretagne, toutes les communications radiophoniques, aussi bien civiles que militaires, sont organisées en fonction de ces prévisions.

L'exploration radiophonique expérimentale de l'ionosphère se fait presque exclusivement par la méthode de réflexion des pulsations. Pour cela, il faut mesurer très précisément la durée du trajet aller et retour d'une pulsation envoyée vers l'ionosphère. La propagation est en général verticale, et les ondes voyagent jusqu'à ce qu'elles rencontrent une couche où la densité électronique est suffisante pour annuler l'indice de réfraction. C'est à ce niveau qu'elles sont réfléchies. Ce résultat simple est une conséquence des lois de l'optique. Cependant, comme les charges en question sont des électrons plutôt que des ions, la théorie de la dispersion correspondante se complique. Par suite du champ magnétique terrestre, l'ionosphère se comporte comme un milieu biréfringent vis-à-vis des ondes radiophoniques. La pulsation, à son entrée, est scindée en deux composantes polarisées à angle droit. Comme dans le cas des cristaux uniaxes et biaxes, en optique, nous pouvons parler d'onde ordinaire et d'onde extraordinaire. Une pulsation unique est alors réfléchie, en général sous la forme d'un doublet, parce que les composantes ordinaire et extraordinaire se propagent avec des vitesses de groupe différentes, et sont réfléchies à des niveaux légèrement différents dans une couche ionisée. Voici par exemple la condition de réflexion sous incidence verticale pour la composante ordinaire, dans l'hémisphère nord:

$$N = \frac{\pi m}{e^2} f^2 \text{ (onde ordinaire)} \quad \ldots\ldots (1)$$

Pour l'onde extraordinaire, on aurait la relation correspondante:

$$N = \frac{\pi m}{e^2} (f^2 - f f_H) \text{ (onde extraordinaire)} \quad \ldots (2)$$

N = nombre d'électrons, de charge e et masse m par unité de volume.
f = fréquence des ondes radiophoniques.
f_H = fréquence de rotation des électrons libres le long des lignes de force du champ magnétique terrestre.

En Grande-Bretagne par exemple: $f_H = 1{,}3 \cdot 10^6$ cycles par seconde. Pour réfléchir une pulsation radiophonique de, disons 4 mégacycles par seconde (Mc/s), il faut une densité électronique de $2 \cdot 10^5$

par cm^3 dans le cas de l'onde ordinaire, et de $1{,}3 \cdot 10^5$ dans le cas de l'onde extraordinaire.

Dans les opérations courantes, on ne s'occupe en général que de l'onde ordinaire, qui est la composante la plus intense du doublet magnéto-ionique. C'est l'équation (1) qui s'applique. Remarquons que la densité ionosphérique nécessaire pour qu'il y ait réflexion sous l'incidence verticale est proportionnelle au carré de la fréquence radiophonique utilisée. En parcourant toute la gamme des fréquences radiophoniques que l'ionosphère réfléchit, on peut trouver la relation entre la hauteur équivalente de réflexion h' et la fréquence f. Cette fonction (h', f) est la relation fondamentale du sondage ionosphérique, car elle permet de déterminer la fréquence critique de pénétration dans une couche ionisée quelconque. Ce qui nous intéresse alors est évidemment l'état d'ionisation *maximum*, et l'équation (1) devient:

$$N_m = \frac{\pi m}{e^2} f_c^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

N_m représente la densité électronique maximum dans une couche, et f_c la fréquence limite de pénétration.

Les deux couches principales de l'ionosphère sont les couches E et F; leurs frontières inférieures se trouvent respectivement à environ 100 et 230 km d'altitude. En plus, au-dessous de la couche E se trouve la couche D, qui réfléchit les ondes extrêmement longues, mais n'a qu'un effet absorbant sur les ondes plus courtes, qui doivent la traverser pour atteindre les couches E et F. Des observations plus précises ont montré que la couche F se décompose en deux strates qui s'interpénètrent, les couches F_1 et F_2, dont les caractéristiques sont très différentes, et faciles à reconnaître. D'une façon générale, les variations dans les couches E et F_1 correspondent tout-à-fait à ce que l'on peut attendre, lorsqu'on sait qu'elles résultent d'une ionisation par des photons solaires. La densité d'ionisation maximum dans les deux couches commence à croître chaque matin au lever du soleil, passe par un maximum très peu de temps après midi, et décroît avec le coucher du soleil. Elle est plus grande en été qu'en hiver. Mais il n'y a rien d'analogue à ces variations régulières dans la couche F_2. Certaines caractéristiques suggèrent une influence solaire générale: la densité maximum d'ionisation est plus élevée de jour que de nuit. Mais sa morphologie, et son comportement au cours des diverses saisons, révèlent bien des particularités anormales: c'est ainsi que la densité d'ionisation maximum à midi est plus faible en été qu'en hiver. Nous pouvons expliquer cette anomalie en imaginant que la couche augmente d'épaisseur: l'ionisation prévue existe bien, mais elle s'étend sur une hauteur plus grande. On a illustré ceci sur la figure 1. Ce phénomène physique est important, car il est à l'origine de bien des anomalies de la couche F_2.

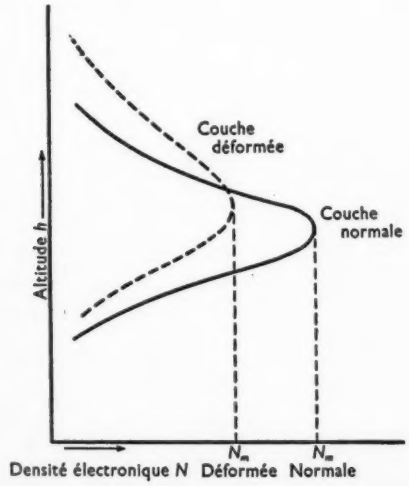


FIGURE 1 – *Réduction de la densité maximum d'ionisation corrélative de l'expansion verticale différentielle d'une couche.*

Nous n'avons considéré jusqu'à présent que le comportement régulier de l'ionosphère sous les latitudes tempérées. Or, on connaissait l'existence des perturbations, aurorales et autres, dans la haute atmosphère, en particulier sous les latitudes élevées. On a donc décidé d'entreprendre des observations ionosphériques en un lieu voisin de la ceinture aurorale septentrionale. L'occasion s'en est présentée lors de la Deuxième Année Polaire Internationale (1932–3). Une expédition radiophonique britannique partit pour Tromsö, en Norvège du Nord, sous les auspices de la *Royal Society*, et du *Department of Scientific and Industrial Research*. Ce groupe britannique a travaillé toute une année à Tromsö. Nous lui devons nos connaisances fondamentales sur les conditions ionosphériques sous latitude élevée. On a tout de suite reconnu que des perturbations ionosphériques accompagnent les aurores boréales et les orages magnétiques. On observe alors une absorption intense dans la couche D, avec parfois la suppression totale de l'onde réfléchie. Lorsque l'absorption a diminué, on trouve en général que la couche F_2 est également perturbée. La densité électronique maximum N_m est devenue plus faible. Simultanément, la couche a augmenté d'épaisseur.

Il a donc dû se produire une détente vers le haut, telle que celle qui est illustrée par la figure 1.

Les résultats obtenus à Tromsö ont naturellement conduit à rechercher les orages de l'ionosphère, associés aux orages magnétiques, sous les latitudes moins élevées. Dans les zones tempérées et équatoriales, on constate peu de changement dans les couches D, E, et F_1, mais des variations notables dans la couche F_2. A midi, il y a une tendance générale à la diminution de N_m dans la zone tempérée, quoique moins intense que sous les latitudes élevées. Il n'y a d'exception que pendant les mois du milieu de l'hiver. Cependant, au voisinage de l'équateur, N_m s'accroît pendant les orages, ce qui pourrait indiquer une contraction de la couche F_2.

Cette différence de comportement de l'ionosphère dans la zone équatoriale a longtemps semblé bizarre. Cependant, en 1946, on a découvert une nouvelle anomalie de la couche F_2: à l'équinoxe, les valeurs de N_m à midi sont fonction de la latitude magnétique plutôt que de la latitude géographique. Ceci a permis une description plus cohérente de la morphologie mondiale de la couche F_2, soit au repos, soit en perturbation. En particulier, on a mis en évidence, dans les conditions normales, à midi, une ceinture de basses valeurs de N_m, centrée sur l'équateur magnétique. Dans la figure 2 on a porté les valeurs de N_m dans les couches E, F_1, et F_2 en fonction de la latitude géographique, le long du méridien 75° Ouest. On remarquera que les valeurs de N_m, dans les couches E et F_1, sont symétriques par rapport à l'équateur géographique, alors que dans le cas de la couche F_2, la courbe est symétrique par rapport à l'équateur magnétique qui, sous cette longitude, passe à peu près à 11° au sud de l'équateur géographique.

A l'aide de ce fil directeur, on peut mettre en évidence les effets en différents points de la même perturbation ionosphérique. On calcule pour un certain nombre de stations le rapport $D(N_m)/Q(N_m)$ des valeurs de N_m dans les états perturbés (D) et au repos (Q), que l'on représente graphiquement en fonction de la latitude géomagnétique (figure 3). Nous voyons que dans les deux hémisphères, aux latitudes élevées, $D(N_m)$ est plus petit que $Q(N_m)$, mais que le long d'une ceinture centrée sur l'équateur magnétique, la valeur de N_m lors des orages est plus grande que la valeur diurne normale. Il y a deux autres caractéristiques remarquables sur la couche de la figure 3. D'abord, la ceinture sur laquelle N_m augmente pendant les orages est un peu plus large que la ceinture d'anomalies équatoriales illustrées par la figure 2; ensuite, cette ceinture semble s'étendre plus vers les latitudes élevées dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord.

Je n'ai parlé jusqu'à présent que des valeurs locales à midi. Cependant, la figure 3 résulte d'observations faites en des longitudes très différentes, et en des instants *réels* séparés par des durées de plusieurs heures. La cohérence entre les résultats présentés sur la figure 3 est due au fait qu'un orage ionosphérique est dans une grande mesure lié à l'heure locale, et c'est seulement en reconnaissant cela qu'on peut mettre en rapport les résultats obtenus en diverses stations au cours du même orage. Aux latitudes moyennes, la phase négative de la dépression de N_m au-dessous de la normale tourne autour de la terre avec le soleil. Aussi il peut bien arriver qu'on enregistre la première phase négative d'un orage ionosphérique sous différentes longitudes à des dates différentes! Bien sûr, la description complète d'un orage ionosphérique est évidemment l'enregistrement complet des variations diurnes de N_m en tous les points. Celles-ci varient avec la latitude géomagnétique, et on ne les décrira pas ici. Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus à midi donnent une indication valable sur l'ensemble de la journée.

Passons maintenant aux conséquences pratiques

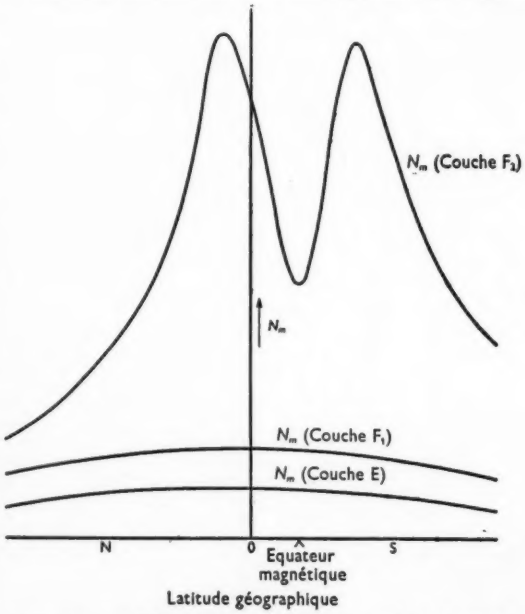


FIGURE 2 – *Variation à midi de la densité électronique maximum, N_m, le long d'un méridien 75° W, dans les couches E, F_1, F_2. Alors que les couches E et F_1 se développent de façon symétrique par rapport à l'équateur, la couche F_2 est soumise à un contrôle géomagnétique.*

de ces variations orageuses dans la couche F_2, qui est la plus importante de l'ionosphère pour les communications radiophoniques. Le choix d'une fréquence optimum en ondes courtes implique la conciliation d'exigences contradictoires. Pour réduire l'absorption dans la couche D, il faut une fréquence aussi élevée que possible; cependant, trop élevée, elle risque de percer la couche F_2. Or, plus N_m atteint une valeur élevée dans la couche, et plus le niveau du maximum est rapproché du sol, plus la gamme des fréquences réfléchies est étendue. Sous les latitudes moyennes et hautes, les orages ionosphériques amènent une dilatation et une élévation de la couche (figure 1), et la fréquence maximum réfléchie sera bien inférieure à la normale. Par contre, les orages dans la ceinture équatoriale sont plus favorables à la réflexion des ondes courtes que les conditions normales, car l'accroissement de N_m est dû à une contraction verticale de la couche, ce qui amène une légère réduction de l'altitude du maximum. Donc, ces deux facteurs favorisent l'utilisation des hautes fréquences radiophoniques dans les communications équatoriales pendant les orages.

Ces données de la science pure se trouvent pleinement confirmées par le fonctionnement réel des circuits radiophoniques à longue distance. Pendant les orages ionosphériques, la route des ondes radiophoniques de l'Angleterre au Canada passe par un grand cercle proche de la zone aurorale. Sous ces latitudes élevées, la réduction importante de N_m s'accompagne souvent d'un accroissement d'absorption; si ces deux effets s'exagèrent, la communication peut être complètement interrompue. Par contre, les émissions vers le Cap peuvent ne subir, au même moment, que de faibles perturbations. C'est cette sensibilité

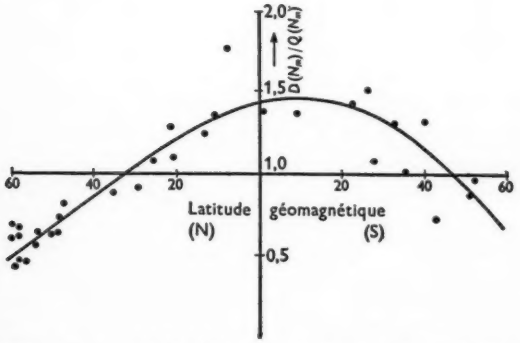


FIGURE 3 – $D(N_m)/Q(N_m)$ *en fonction de la latitude géomagnétique. On remarquera que N_m est plus grand les jours de perturbation magnétique aux basses latitudes. Le contraire a lieu aux latitudes élevées.*

des circuits radiophoniques transatlantiques aux orages ionosphériques périodiques, qui a souligné la nécessité urgente d'un nouveau câble téléphonique sous-marin à travers l'Atlantique. En attendant, on peut souvent diminuer les difficultés en envoyant les messages d'Angleterre en Amérique du Nord par un relais situé dans la région équatoriale.

Aux phénomènes géophysiques généraux que sont les aurores polaires et les orages magnétiques, associés en général à l'apparition des taches solaires, on peut ajouter maintenant les phénomènes d'orages ionosphériques. On explique d'habitude les aurores polaires par l'irruption de particules électrifiées émises par le soleil dans l'atmosphère terrestre, le long des ceintures aurorales centrées sur les deux pôles géomagnétiques. Cependant, les orages magnétiques se produisent sur toute la surface de la terre, et nous venons de voir qu'on peut rencontrer des perturbations ionosphériques associées aux orages magnétiques même dans les régions équatoriales; mais les caractéristiques correspondantes diffèrent certainement de celles qu'on observe sous les latitudes plus élevées. Notre première conclusion majeure sera donc que les orages magnétiques et ionosphériques ne peuvent pas être l'effet direct de particules venues du soleil et des décharges aurorales qui les accompagnent. Mentionnons que l'on se demande encore si les orages ionosphériques sont également développés dans les deux hémisphères, nord et sud, même aux équinoxes. Il semble cependant amplement prouvé qu'il y a des orages ionosphériques en des points où il n'y a pas d'aurores boréales.

Jusqu'à présent, je n'ai envisagé que la morphologie des orages magnétiques. Je passe maintenant au domaine théorique, bien plus hypothétique. Le mécanisme physique fondamental des orages ionosphériques est probablement celui qu'a indiqué Martyn [6, 7]. Pour le comprendre, retournons à la figure 1 où l'on voit (*a*) un profil normal de couche ionisée et (*b*) ce profil déformé par une dilatation verticale. Martyn suggère que cette déformation est due à un déplacement de l'ionisation globale — électrons et ions positifs — sous l'effet de forces électromagnétiques. Considérons par exemple le cas le plus simple, celui de l'équateur, où le champ magnétique terrestre H est horizontal. Supposons en plus qu'il y a un champ électrique horizontal, dirigé, disons, d'ouest en est. Ce champ produira un courant horizontal dans l'ionosphère, et ce courant subira l'effet du champ magnétique terrestre, qui le déplace vers le haut. Si on change le sens soit du champ magnétique,

soit du champ électrique, le mouvement se fera naturellement vers le bas. Nous voyons donc que si la couche F_2 est soumise à des forces électriques en présence du champ magnétique terrestre, la dérive se produit parce que la couche ionisée elle-même est un conducteur électrique mobile. D'une façon générale, si un champ électrique E, dirigé d'ouest en est, agit sur un milieu ionisé où l'intensité et l'inclinaison du champ magnétique terrestre sont respectivement H et φ, la dérive horizontale vers le sud, u, et la dérive verticale v de la couche F_2, sont données approximativement par les formules

$$u = -\frac{E \sin \varphi}{H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$v = \frac{E \cos \varphi}{H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Telles sont les équations fondamentales de la théorie de Martyn de perturbation de la couche F_2. Il les a utilisées pour expliquer le comportement de la couche F_2 dans les conditions normales et pendant les orages. Mais il faut mentionner deux points supplémentaires. Pour qu'il y ait expansion verticale ou distorsion d'une couche ionisée, il faut que la dérive verticale v change avec l'altitude. Si elle est constante, on observe simplement un déplacement global de la couche. Une autre question se pose: quelle est l'origine de cette force électrostatique, dont on a postulé ici arbitrairement l'existence? Pour expliquer ceci, Martyn fait remarquer que la base de l'ionosphère (probablement la base de la couche E) est le siège de grands courants, qui sont à l'origine, aussi bien des variations magnétiques diurnes régulières, que des perturbations diurnes, mais avec une configuration mondiale différente dans les deux cas. Martyn considère que le système de courants normaux comme le système orageux dans la basse ionosphère créent des forces électrostatiques, qui associées au champ magnétique terrestre permanent sont responsables des mouvements d'ionisation verticaux et horizontaux. C'est à cause des différences de configuration mondiale de ces lignes de force électrostatique que les effets des couches F_2 dans les conditions normales et pendant les orages sont différents. Il y a encore pourtant beaucoup à faire pour amener ces idées à un état de développement tel qu'elles permettent de comprendre les différentes déformations de la couche F_2 en tout temps et en tout lieu.

Encore un commentaire qui ne sera peut-être pas superflu: Il fut un temps où l'on pensait que l'ionosphère était une région tranquille, où les électrons apparaissaient et disparaissaient exactement au même endroit. Les études récentes ont montré clairement qu'il n'en était rien. Le repérage radiophonique des points d'ionisation a révélé l'existence de mouvements horizontaux, et, comme nous l'avons vu, les orages ionosphériques révèlent des mouvements importants d'ionisation dans la direction verticale.

BIBLIOGRAPHIE

[1] APPLETON, E. V. et INGRAM, L. J.: «Magnetic Storms and Upper-Atmospheric Ionisation», *Nature, Lond.*, **136**, 548, 1935.

[2] APPLETON, E. V., NAISMITH, R., et INGRAM, L. J.: «British Radio Observations during the Second International Polar Year 1932–3», *Phil. Trans.*, **236**, 191, 1937.

[3] BERKNER, L. V. et SEATON, S. L.: «Systematic Ionospheric Changes associated with Geomagnetic Activity», *Terr. Magn. atmos. elect.*, **45**, 419, 1940.

[4] APPLETON, E. V. et PIGGOTT, W. R.: «World Morphology of Ionospheric Storms», *Nature, Lond.*, **165**, 130, 1950.

[5] *Idem:* «The Morphology of Storms in the F2 Layer of the Ionosphere», *J. atmos. terr. Phys.*, **2**, 236, 1952.

[6] MARTYN, D. F.: «Geomorphology of F2 Region Ionospheric Storms», *Nature, Lond.*, **171**, 14, 1953.

[7] *Idem:* «The Morphology of Ionospheric Variations associated with Magnetic Disturbance», *Proc. roy. Soc.* A, **218**, 1, 1953.

[8] APPLETON, E. V. et PIGGOTT, W. R.: «Ionospheric Storms and the Geomagnetic Anomaly in the F2 Layer», *J. atmos. terr. Phys.*, **3**, 121, 1953.

Les Muspratt et l'industrie chimique en Grande-Bretagne

par D. W. F. HARDIE

Au début du siècle dernier, James Muspratt donna un essor considérable à la fabrication et l'exportation des alcalis. Ses fils et ses petits-fils continuèrent son œuvre. Son fils Sheridan, dont il sera question ici tout particulièrement, s'intéressa surtout aux aspects scientifique et didactique. Il fonda la première école de chimie industrielle, et son Encyclopédie est une mine de renseignements sur les techniques en cours au 19e siècle. Plus près de nous, Sir Max Muspratt a été un des fondateurs de *Imperial Chemical Industries*.

Une tradition de famille veut que les premiers Muspratt soient venus de France, et, d'autre part, les archives de Somerset House révèlent que le nom de Muspratt était très répandu, au début du siècle dernier, à Londres et dans les comtés du sud de l'Angleterre. On n'en sait pas long à ce sujet, mais il est probable que les Muspratt qui figurent dans les almanachs de Dublin de la fin du 18e siècle appartenaient à une branche de la famille venue d'Angleterre. Dans la capitale irlandaise, où l'industrie de la brasserie avait déjà pris une importance considérable, ils exerçaient le métier de bouchonniers. L'un d'eux, John Petty Muspratt, fut élu à un poste de Directeur de la *East India Company* en 1825, comme représentant de l'industrie privée, et de nouveau en 1830 [1]. Evan Muspratt, frère de John Petty, eut une fille qui émigra sur le tard en Amérique, et deux fils: George, dont on ne sait rien, et James, né en 1793 [2].

La bouchonnerie rapportait à Evan Muspratt assez d'argent, car il fit donner à son fils James l'instruction la plus complète qu'il fût alors possible d'obtenir à Dublin. C'est seulement à partir de 1810 que les détails de la carrière de James commencent à se faire jour: cette année il perdit son père, puis sa mère mourut, quelques mois après s'être remariée (1811) [3]. Ces événements ont dû affecter péniblement l'adolescent de 18 ans, et c'est peut-être le désir d'une diversion au chagrin et à l'amertume qui motiva son départ pour l'Espagne, alors en proie à la guerre [4]. Par la suite ayant abandonné son poste dans la marine, James revint à Dublin et fit quelque temps partie d'un petit cercle de joyeux amateurs de théâtre: de là cette prédilection à laquelle il eut plus tard les moyens de donner libre cours.

Dublin, pendant le premier quart de 19e siècle, était considéré, à l'échelle de l'époque, comme un centre important de fabrication de produits chimiques, d'acide sulfurique notamment. Quand James épousa en 1819 Julia Connor, il abandonna la vie mondaine et se consacra à l'industrie chimique. Il s'associa à Thomas Abbot, droguiste et négociant en tous genres.

En 1822 le Parlement britannique passa une loi réduisant de moitié les droits d'importation sur la barille. Cette mesure portait préjudice aux savonniers du Lancashire qui avaient, sur leurs concurrents de Londres, l'avantage d'utiliser le varech du pays: on en comprendra toute l'importance si l'on tient compte du fait que quelques années auparavant Tennant, à Glasgow, et Losh et Lord Dundonald, à Newcastle, avaient entrepris en petit la fabrication de la soude par le procédé Leblanc. D'autre part, quelques indications pourraient donner à penser que Muspratt avait déjà essayé à Dublin la méthode Leblanc. Toujours est-il qu'en 1823 il fabrique de la soude artificielle à Liverpool, employant toutes les ressources de son esprit irlandais pour amener les savonniers du voisinage à abandonner les soudes naturelles en faveur du nouveau produit. Il y réussit pleinement, et ses opérations prirent bientôt une ampleur telle que l'on peut le considérer comme le véritable fondateur de la grosse industrie chimique en Grande-Bretagne [5].

Au milieu de toutes ces préoccupations industrielles, James Muspratt ne négligeait pas les voyages et les relations sociales. A chaque occasion qu'il le pouvait il s'évadait de ses usines de Liverpool et de Newton pour se rendre en Allemagne chez son ami Justus von Liebig, ou allait rejoindre à Rome ou à Florence les amateurs d'art et de soleil. Sa carrière industrielle proprement dite fut relativement courte, depuis les débuts difficiles à

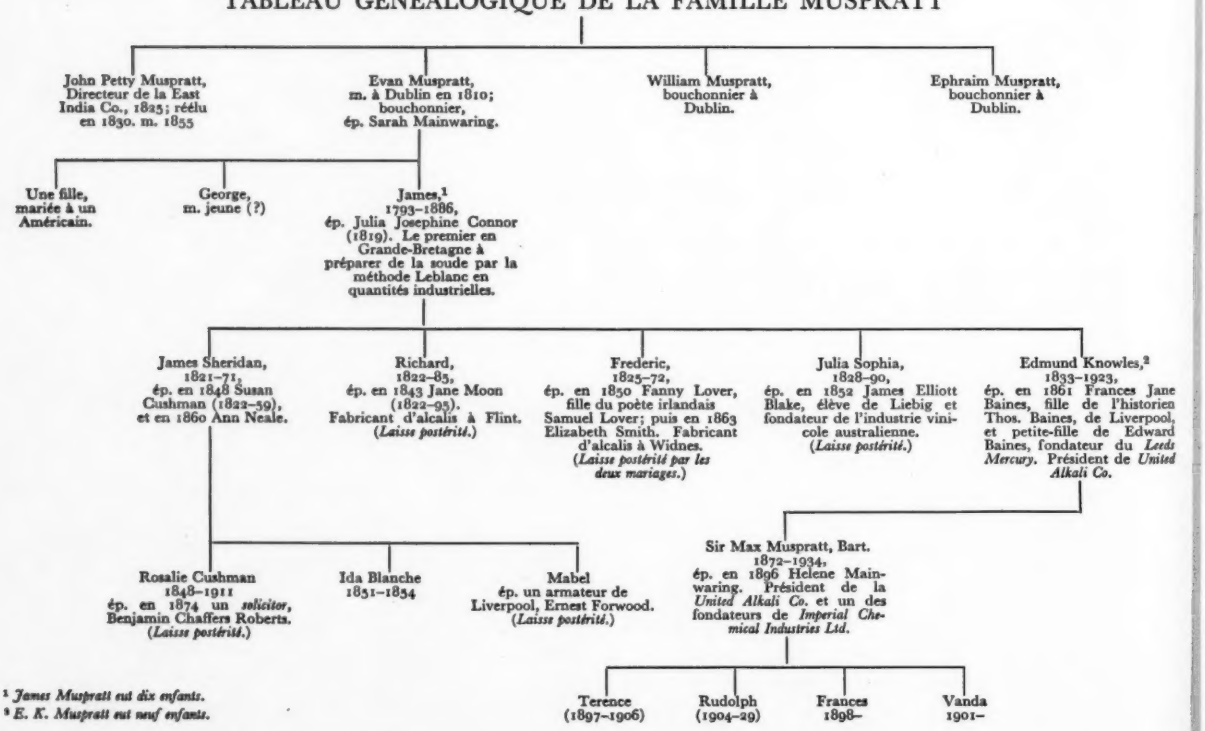
Dublin (1819–22) jusqu'en 1850. Ce furent toutefois, financièrement parlant, les plus belles années de la première phase de l'industrie soudière britannique. Muspratt gagnait tant qu'il pouvait dédommager largement les fermiers et les propriétaires dont les récoltes ou les arbres étaient brûlés par les vapeurs d'acide muriatique provenant de ses usines. Les techniques industrielles changèrent peu au cours de cette période en dépit de l'activité des inventeurs; le génie chimique était encore dans l'enfance. Mais il devenait de plus en plus difficile de se servir de l'ancienne méthode, et d'autre part les réclamations d'indemnités grossissaient et l'on exigeait même la fermeture de l'usine de Newton. Si bien qu'en 1850 James Muspratt, excédé, abandonna la partie.

Au moment où Muspratt se retire des affaires, ses fils, James Sheridan, Richard et Frederic sont devenus des soudiers expérimentés. Peu après 1850 Richard et son associé Huntley montent à Flint, au nord du Pays de Galles, une des plus grandes soudières Leblanc en Grande-Bretagne. Frederic, avec l'aide de son père, fabrique pendant quelque temps des alcalis à Widnes, mais sans grand enthousiasme. Bientôt il passe la main à son frère Edmund, frais émoulu du Laboratoire Liebig à Giessen, et celui-ci s'emploie énergiquement à faire refleurir l'entreprise. Lorsqu'en 1890 fut fondée la *United Alkali Company* qui englobait les usines Muspratt de Liverpool, Widnes et Flint et la plupart des entreprises britanniques utilisant la méthode Leblanc, c'est Edmund Knowles Muspratt qui en fut l'âme. Son influence y resta prépondérante jusqu'à la première guerre mondiale. A cette époque il perdit la vue complètement. Son fils Max qui avait participé activement aux travaux de la *United Alkali Company* et reçu en 1922 le titre de «baronet» fut, en 1926, un des membres fondateurs de l'*Imperial Chemical Industries*. Ainsi, depuis les modestes débuts de James Muspratt à Dublin jusqu'à la troisième décennie du présent siècle, le nom de Muspratt est resté lié à l'évolution de l'industrie chimique.

Il convient de signaler que E. K. Muspratt fit partie du groupe de notables qui fondèrent le Collège Universitaire de Liverpool. Dès que la loi érigeant celui-ci en Université eut été promulguée, en 1903, Muspratt fut le premier président du Conseil de la nouvelle Université. Il en fut aussi un des «prochanceliers» et dota l'établissement d'un laboratoire de Chimie.

James Sheridan Muspratt, celui des fils de

TABLEAU GÉNÉALOGIQUE DE LA FAMILLE MUSPRATT



[1] *James Muspratt eut dix enfants.*
[2] *E. K. Muspratt eut neuf enfants.*

FIGURE 1 – *James Muspratt.*

FIGURE 2 – *James Sheridan Muspratt.*

James dont il sera question plus loin, ne s'est pas distingué dans le domaine industriel et commercial: c'est le côté scientifique de la Chimie qui l'intéressait. Il mérite néanmoins une place en vue dans les annales de la chimie industrielle qui a bénéficié effectivement, bien qu'indirectement de ses activités. Il reçut à sa naissance le prénom de James et y adjoignit plus tard celui de Sheridan, en témoignage d'admiration pour l'ami de son père, l'acteur et auteur James Sheridan Knowles, cousin de Richard Brinsley Sheridan. Il sera désigné ici par son second prénom pour éviter toute méprise. Sheridan donc fit ses classes dans des écoles privées des environs de Bootle où habitait sa famille. Vers l'âge de treize ans il commença à entreprendre des voyages en France et en Allemagne [6], accompagné probablement d'un de ses maîtres.

James Muspratt connaissait, par les Tennant de St. Rollox, un professeur de Chimie du Collège Anderson à Glasgow, Thomas Graham, et en 1836 il confia Sheridan à ce dernier, car il n'y avait alors à Liverpool aucune école qui enseignât la Chimie. Sheridan séjourna neuf mois environ à Glasgow, jusqu'au moment où Graham fut appelé à la chaire de Chimie de *University College*, à Londres (avril 1837). Un des certificats présentés par Graham à l'appui de sa candidature est signé du fabricant d'alcalis de Liverpool [7].

Sheridan, qu'avait rejoint son frère Richard, suivit Graham à Londres. Là, il s'intéressa à un petit appareil, installé à Whitechapel par Hemming et Dyar [8], pour fabriquer de la soude à l'ammoniaque. L'enthousiasme de son fils et celui, plus modéré, de Graham, pour le nouveau procédé amena James Muspratt à s'en servir dans son usine de Newton. L'expérience dura peu et lui coûta quelque 8 000 livres sterling [9].

Lyon Playfair, élève de Graham, qui fut par la suite un des organisateurs les plus en vue de la Grande Exposition de 1851 et se distingua parmi les chimistes universitaires du 19e siècle, travailla quelque temps au laboratoire de l'usine de Muspratt. Vers la fin de 1839, celui-ci proposa à Playfair de lui fournir une partie des fonds nécessaires pour monter une usine de produits chimiques, à condition toutefois que Playfair prît ses fils comme associés. Playfair, dans une lettre habilement rédigée [10], remercia Muspratt de son offre généreuse en lui faisant comprendre cependant qu'il ne fallait pas en subordonner l'acceptation à l'engagement de s'associer les jeunes gens. La question en resta là.

James Muspratt fit un voyage en Amérique en 1838, ayant sans doute pressenti le grand avenir auquel était appelée l'exportation de produits

chimiques vers les Etats-Unis. En 1840 il envoya son fils Richard à New-York et la même année lui et Tennant expédièrent en Amérique les premières cargaisons de soude [11], amorçant ainsi le grand courant d'exportation de produits chimiques vers le nouveau monde. Dès 1850, près de 60% des soudes britanniques passait en Amérique.

Vers le milieu de 1841, Richard revient en Angleterre et Sheridan est envoyé à Philadelphie, où il s'associe à un ami de son père, James McHenry, qui dirige la firme chargée du placement des produits Muspratt. En six mois Sheridan ne vend que pour 25 dollars de soude ordinaire et 2500 dollars de cristaux. Plein d'optimisme, il affirme que le chiffre des ventes atteindra 150 000 dollars l'année suivante et que ses frais seront amplement couverts [12]. Et certes, il en fait, des frais: il parcourt les Etats, achète des tableaux qu'il envoie à Liverpool, fait faire son portrait par un peintre à la mode. Son séjour aux Etats-Unis coûte à son père plusieurs milliers de livres sterling, et le chiffre d'affaires n'en est pas sensiblement accru. En 1842 Sheridan repart pour Liverpool.

Lors du Congrès de la *British Association* tenu à Liverpool en 1837, James Muspratt avait fait la connaissance de Justus von Liebig [13]. S'étant liés d'amitié, ils se rencontrèrent souvent par la suite, soit à Giessen, chez Liebig, soit à Seaforth Hall, la belle demeure de Muspratt, élevée sur les dunes de la Mersey. C'est ainsi qu'en 1843 le jeune Sheridan fut confié à Liebig. A Giessen le jeune homme travaille avec ardeur, tout en vivant la vie des étudiants de l'Université avec sa fougue habituelle. Liebig, frappé de ses dispositions, le charge d'étudier la composition de certains sulfures métalliques. Ce travail vaut à Sheridan le titre de Docteur en Philosophie, distinction rarement accordée à un étranger. Nous le retrouvons plus tard au Collège Royal de Chimie à Londres, où il remplit à titre gratuit les fonctions de professeur adjoint et participe aux travaux d'Hofmann qui aboutissent à la découverte de la toluidine.

Liebig, ayant été prié, à la réunion de la *British Association* de 1837 de faire le point des connaissances en chimie organique, publia en 1840 son important ouvrage intitulé *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* (La Chimie appliquée à l'Agriculture et à la Physiologie). A cette époque Liebig avait commencé ses expériences en vue de la détermination qualitative et quantitative des substances que les plantes en croissance tirent du sol: c'est en remplacement de ces substances que Liebig proposa d'utiliser des engrais. En 1845 James Muspratt prit, en faveur de Liebig un brevet britannique pour la production d'engrais [14] et Sheridan et Richard en préparèrent une certaine quantité à titre d'essai dans l'usine paternelle. Selon Sheridan, l'agriculture allait être complètement révolutionnée, mais rien de la sorte ne se produisit: les engrais, soumis au four à un commencement de fusion, n'étaient pas assez solubles pour être efficaces.

Cette affaire d'engrais faillit entraîner une brouille entre Liebig et ses amis anglais: Sheridan, en veine de confidences, révéla à Petzhold, son ancien condisciple à Giessen, les formules des fertilisants qu'il avait préparés. Par un malheureux hasard Liebig apprit l'indiscrétion et, vexé, écrivit à James Muspratt: Il (Sheridan) a commis là un abus de confiance qui devrait lui coûter le poste qu'il occupe. Je ne l'aurais pas cru si Petzhold ne m'avait envoyé, dans une tout autre intention, une copie de la main même de votre fils. Son acte inouï nous met à la merci de tout le monde, car les revues anglaises ne tarderont pas à publier nos méthodes et nos recettes. Tout cela ne manquera pas de susciter une concurrence désastreuse. L'indiscrétion criminelle de James m'ôte toute possibilité d'inaugurer moi-même en Allemagne la production d'engrais . . . J'en suis affligé au-delà de toute expression [15]. Cependant Liebig surmonta son affliction et, l'échec complet des engrais aidant, l'incident fut bientôt oublié.

Sheridan, comme son père, était passionné de théâtre. C'est lui qui organisait les représentations quand la troupe d'amateurs de Charles Dickens était de passage à Liverpool. En mai 1847 Sheridan assista à une représentation de «Beaucoup de bruit pour rien» où Charlotte Cushman, la célèbre actrice américaine, et sa sœur Susan jouaient pour la première fois à Liverpool. Peu après les deux sœurs étaient invitées à un bal costumé à Seaforth Hall [16]. La beauté de Susan et le dénouement tragique d'une union précoce et malheureuse rendaient la jeune veuve doublement attrayante, et le 22 mars 1848 Sheridan l'épousait. Le poète Alfred Tennyson parle de cette union en termes élogieux [17].

En 1848 Sheridan fonda le *Liverpool College of Practical Chemistry*, dans une écurie attenante à sa maison de Canning Street, sous le haut patronage du Prince Consort. Liebig recommanda au public l'institution, en proclamant que Sheridan possédait toutes les qualités qu'il fallait pour être professeur. Celui-ci se proposait d'enseigner à peu de frais la Chimie, organique et minérale, et l'analyse au chalumeau, et en outre de former des

chimistes capables d'étudier les questions se rapportant à l'agriculture, aux arts et aux manufactures et de rendre compte de leurs travaux. L'année scolaire était divisée en deux périodes de dix-huit semaines. Le professeur fournissait le gaz et les réactifs, mais les étudiants devaient se munir des petits appareils nécessaires; ils avaient libre accès à une bibliothèque contenant les meilleurs ouvrages allemands et anglais sur la Chimie contemporaine [18]. Il y eut bientôt dix-huit étudiants qui assistaient regulièrement aux cours.

A Giessen, Sheridan avait traduit en anglais l'ouvrage classique de Plattner sur les essais au chalumeau: *Probierkunst mit dem Löthrohre.* Cette traduction suscita beaucoup d'intérêt et donna sans doute l'idée à George Blair, un éditeur de Glasgow, de demander à Sheridan d'entreprendre une encyclopédie de chimie appliquée. L'ouvrage fut publié par livraisons mensuelles et le gros du travail de révision échut à Martin Murphy. Celui-ci, élève brillant puis bras droit de Sheridan au Collège, venait de Limerick, ayant abandonné la prêtrise pour la Chimie: il consacra deux années au dictionnaire, y travaillant seize heures par jour. Avant l'achèvement des travaux, la mort de sa jeune femme, survenue le 10 mai 1859, plongea Sheridan dans l'accablement et pendant quelques mois la publication fut interrompue. Quand l'ouvrage relié parut enfin, l'auteur le dédia à J. B. Dumas et au chimiste irlandais Sir Robert Kane (voir *Endeavour*, **4**, 91, 1945). Le succès en fut immédiat tant en Grande-Bretagne que sur le Continent. En Amérique, Sheridan reçut le premier doctorat honoraire de l'Université de Harvard à être conféré à un étranger. Le dictionnaire fut bientôt traduit en plusieurs langues, y compris le russe. La dernière édition allemande parut il n'y a pas longtemps, en 1927. Ce sont les exposés très complets que le livre contient des techniques du siècle dernier qui le font apprécier actuellement.

Un an environ après la mort de sa femme, Sheridan épousa Ann Neale, de Rainhill, près de Liverpool, qui lui survécut. Il mourut le 3 février 1871 âgé de 49 ans. Comme chimiste, il avait du talent plutôt que du génie: ses recherches n'étaient que des analyses habilement exécutées, et il ne réussit à se distinguer dans aucun domaine en particulier [19]. N'ayant pas le sens des affaires, il aurait pu mener la vie facile d'un dilettante scientifique, mais il eut le mérite d'être un des premiers à se consacrer à l'enseignement d'une science appliquée dont son père, homme d'affaires avisé, avait tiré renommée et fortune.

L'auteur tient à remercier ici la nièce de James Sheridan Muspratt, Mrs. Permewan, de Liverpool, qui l'a autorisé à faire usage des documents qu'elle possède.

BIBLIOGRAPHIE

[1] PHILLIPS, C. H. «The East India Co., 1784–1834», Manchester University Historical Series (1940).

[2] Muspratt, Horace (petit-fils de James Muspratt), dans «Centenary of the Alkali Industry 1823–1923», publié en 1923 par la *United Alkali Company.* Dans «I Remember», plaquette imprimée pour l'auteur, Hildegarde Muspratt, petite-fille de James, parle d'une «sœur de grand-père qui avait épousé un Américain et dont la fille venait souvent nous voir . . .»

[3] Les Archives de Dublin possèdent une copie de l'acte de mariage de Sarah Corley (ci-devant Muspratt).

[4] Muspratt, Horace (*loc. cit.*, 28–41), raconte cet épisode aventureux de la vie de son grand-père.

[5] MUSPRATT, E. K. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 408, 1886.

[6] «Men of the Time», article consacré à Sheridan Muspratt, M.D., F.R.S.E.

[7] Lettre de Thomas Graham à James Muspratt, Glasgow, 10 avril 1837.

[8] Brevet britannique 7713, du 30 juin 1838.

[9] MOND, L. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 527, 1885.

[10] Lettre de Lyon Playfair à James Muspratt, Edimbourg, 27 septembre 1839.

[11] Lettre de Richard Muspratt à son père, New-York, 25 septembre 1840.

[12] Lettre de Sheridan Muspratt à ses parents, expédié de Philadelphie par le *Great Eastern*, le 24 septembre 1841.

[13] Supplément spécial du *Liverpool Mercury* du 22 septembre 1837, consacré à la *British Association.*

[14] Brevet britannique 10 616, du 15 avril 1845.

[15] Lettre de Justus von Liebig à James Muspratt, Giessen, le 2 janvier 1846.

[16] Coupure de journal, non-datée, contenant un compte rendu du bal (archives de la famille Muspratt).

[17] Lettre de Mary Howitt à Mrs. Meriman (Susan Cushman), Londres, mars 1848.

[18] Circulaires, etc., se rapportant à la fondation du *Liverpool College of Practical Chemistry*, 1848 (archives Muspratt).

[19] *J. chem. Soc.*, 621, 1871. Nécrologie, contenant une liste des principaux ouvrages publiés du Dr. James Sheridan Muspratt.

Cytologie végétale et microscopie électronique

par A. FREY-WYSSLING

La biochimie avait déjà fait connaître les constituants de la cellule végétale; la microscopie électronique, aidée de la diffraction des rayons X, a révélé sa structure intime: la trame cellulosique, notamment, et les chloroplastes, ainsi que les changements qui se produisent à chaque stade de sa croissance. L'examen des parois cellulaires internes a mis en évidence la solution d'un problème physiologique important, celui des échanges entre cellules.

PAROIS DES CELLULES

Les cellules végétales sont recouvertes par une membrane résistante qui, ontogénétiquement, comporte deux couches — les parois primaire et secondaire. La paroi cellulaire primaire enveloppe le protoplasme des jeunes cellules pendant leur croissance; vers la fin de la différenciation cellulaire cette paroi mince se trouve renforcée par le dépôt d'une seconde paroi plus épaisse à structure lamellaire.

Examinée au microscope optique la paroi primaire paraît homogène. Elle ne contient qu'une faible proportion de cellulose (environ 5%) mais de grandes quantités de pectines et d'hémicelluloses, certaines substances lipidiques comme les cires et même un peu de protéines. Les protéines disparaissent avant la fin de la croissance de la paroi primaire, ce qui suggère qu'elle contient au début du protoplasme vivant qui se séparerait de la paroi à un stade très jeune. Cette paroi primaire de la cellule s'accroît par intussusception, car sa surface augmente considérablement pendant la différenciation cellulaire. L'étude de la façon dont une paroi solide s'étend en surface est très intéressante.

La paroi secondaire est tout à fait différente. Elle contient une forte proportion de cellulose, ordinairement plus de 50%; c'est cette composition qui en fait la matière première pour la fabrication de la pâte à papier. Au microscope polarisant elle montre une anisotropie remarquable. Elle s'accroît par apposition et se trouve donc formée généralement de couches parallèles à la surface cellulaire. Elle montre souvent des striations enroulées en hélice autour de l'axe de la cellule. Elle possède des perforations caractéristiques, connues sous le nom de ponctuations; celles-ci ne sont cependant pas des orifices ouverts entre les cellules adjacentes, celles-ci sont séparées par la membrane de la ponctuation (figure 1), qui représente la paroi primaire homogène. On a longtemps discuté si la membrane de la ponctuation comporte ou non des perforations, trop petites pour être visibles au microscope optique. C'est là une question importante, car sa solution permettrait de savoir si les protoplasmes de cellules voisines sont séparés l'un de l'autre ou en contact, c'est-à-dire si les cellules végétales ressemblent aux cellules animales ou si leurs relations mutuelles dépendent entièrement d'échanges de matières à travers une membrane inerte.

Le microscope électronique permet de voir la structure fine des parois cellulaires, l'examen étant rendu très facile par le fait que la cellulose est chimiquement très résistante alors que les autres constituants des parois s'enlèvent facilement par dissolution ou hydrolyse. On peut donc réduire, par macération, la paroi primaire à un film très mince qui fournit des figures remarquables après ombrage au chrome (figure 3).

De telles figures montrent non seulement que la cellulose se trouve sous forme de fibres submicroscopiques, mais révèlent aussi une structure surprenante. Les fibres ne sont pas alignées les unes

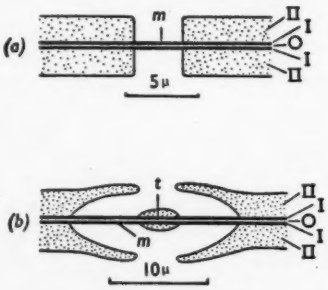


FIGURE 1 – (a) *Ponctuation simple,* (b) *ponctuation aréolée;* m: *membrane de la ponctuation;* t: *torus;* o: *lamelle moyenne;* I: *paroi cellulaire primaire;* II: *secondaire.*

à côté des autres mais entremêlées. Parfois, il existe deux directions principales d'orientation et l'aspect rappelle alors celui d'un tissage (figure 2). Des espaces relativement grands séparent les fibres les unes des autres: c'est là que se trouvent, dans la paroi non-préparée, les constituants non cellulosiques très hydratés. Dans les photographies prises au microscope électronique ces espaces semblent être très réduits, mais c'est là une conséquence du mode de préparation et de la nature de l'instrument; en effet, on dessèche le matériel macéré avant examen et le microscope électronique possède une profondeur de champ considérable.

Les fibres de cellulose révélées par le microscope électronique ont reçu le nom de microfibrilles [7]. Par traitement aux ultrasons on peut les scinder en fibres plus fines qui doivent représenter les fibrilles élémentaires, car elles correspondent aux fibres cristallines micellaires révélées par l'étude de la diffraction des rayons X.

Au contraire, les microfibrilles de la paroi secondaire sont presque toujours parallèles les unes aux autres (figure 4); c'est pourquoi cette paroi est relativement plus dense et plus riche en cellulose. On peut donc aisément diviser la paroi secondaire en fibrilles représentant des faisceaux de microfibrilles, visibles au microscope optique. Les «surfaces de glissement» (figure 4) caractéristiques des plantes textiles sont une autre conséquence de cette structure.

On peut suivre, au moyen du microscope électronique, l'extension en surface de la paroi primaire de la cellule. Au cours de la mitose, la

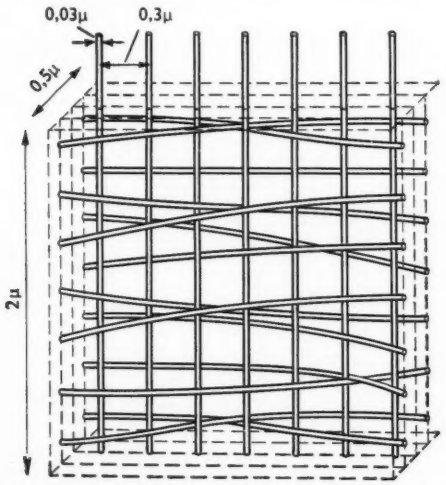


FIGURE 2 – *Trame de microfibrilles de cellulose dans une paroi cellulaire primaire en croissance* [3].

membrane se forme à l'intérieur de la plaque cellulaire, par dépôt de chaque côté de la lamelle moyenne amorphe. Même à ce stade précoce, elle est formée de microfibrilles entrelacées qui prennent contact avec la paroi primaire de la cellule mère. Dans la région de contact avec la plaque cellulaire nouvellement formée la texture se détend et les microfibrilles s'incurvent pour participer à la construction de la nouvelle paroi. Finalement l'ancienne paroi se brise le long d'une ligne située entre les deux lignes d'attache des parois primaires des deux cellules filles (figure 9).

Les parois des nouvelles cellules croissent pendant un certain temps par intussusception, réalisant une croissance en mosaïque indiquée par le fait que dans certaines aires les espaces interfibrillaires deviennent beaucoup plus importants, la structure s'y trouvant relâchée d'une manière remarquable (figure 10). L'insertion de nouvelles fibrilles vient réparer plus tard ces surfaces (figure 11). Ce type de croissance est particulièrement évident quand les cellules croissent en largeur. Dans la croissance en longueur, il est immédiatement suivi par une croissance bipolaire aux extrémités [10], marquée par une addition rapide de nouvelles microfibrilles aux deux pôles de la cellule (figure 12). Tandis que la croissance aux extrémités se poursuit, la partie principale de la cellule commence à consolider sa paroi en la renforçant avec des microfibrilles disposées parallèlement entre elles (figure 5). Ce phénomène se poursuit jusqu'à ce que la surface interne de la cellule soit entièrement recouverte par la paroi secondaire. Cependant, les surfaces des ponctuations ne prennent pas part à cette croissance en épaisseur; ici, les parois se différencient en cribles submicroscopiques présentant une texture d'une étonnante beauté (figures 7 et 8). A travers les pores de ces membranes, des fibres de cytoplasme rejoignent les protoplasmes voisins. C'est pourquoi les ponctuations des cellules adjacentes se correspondent toujours, même si le microscope optique les montrent séparées par une membrane continue.

On peut étudier la structure interne des microfibrilles par diffraction des rayons X, en les clivant en fibrilles élémentaires soit par les ultrasons soit par des moyens chimiques. La coupe transversale des fibrilles élémentaires correspond à environ une centaine de molécules de cellulose; les fibrilles ont une âme cristalline, recouverte de cellulose paracristalline disposée dans un ordre moins strict (figure 16). La surface la plus hydrophile (101) du réseau cristallin court parallèlement

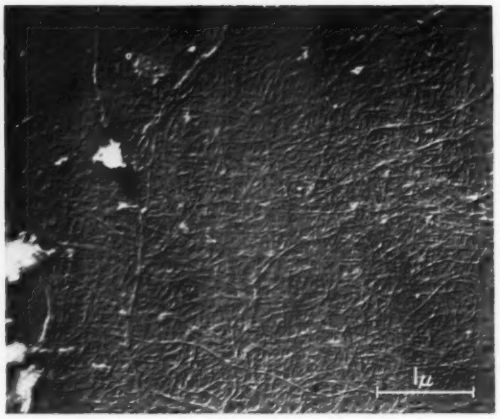


FIGURE 3 – *Paroi cellulaire primaire d'une fibre de lin* [7].

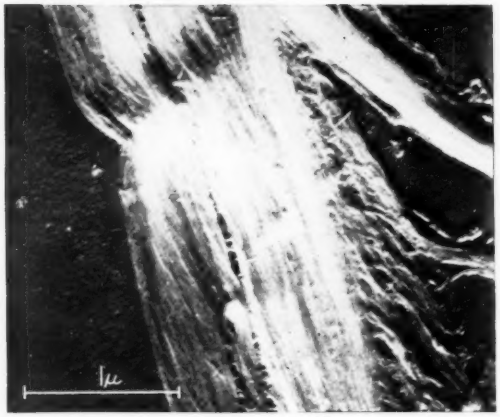


FIGURE 4 – *Paroi cellulaire secondaire d'une fibre de coton* [7]. *A gauche, en haut, une «surface de glissement» est visible.*

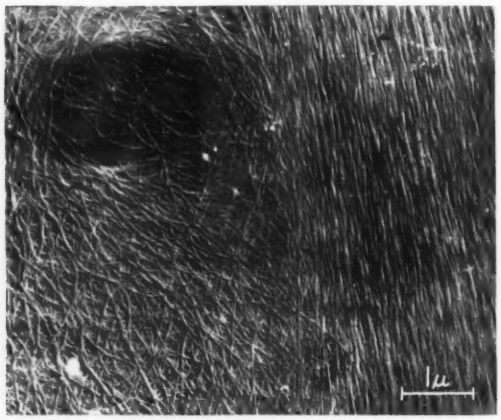


FIGURE 5 – *Premier dépôt dans un coléoptile d'avoine de microfibrilles secondaires, disposées parallèlement les unes aux autres le long du bord du parenchyme cellulaire* [10].

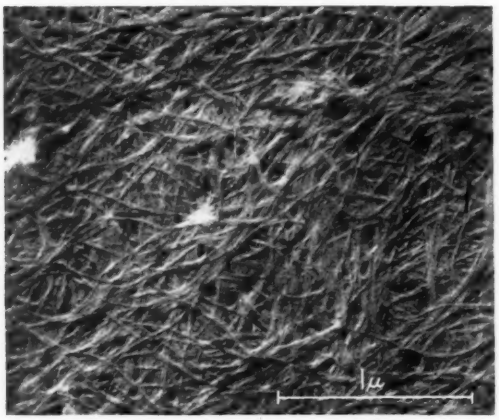


FIGURE 6 – *Fasciation latérale de microfibrilles dans les parois d'une cellule du mésophylle d'un bulbe de tulipe* [2].

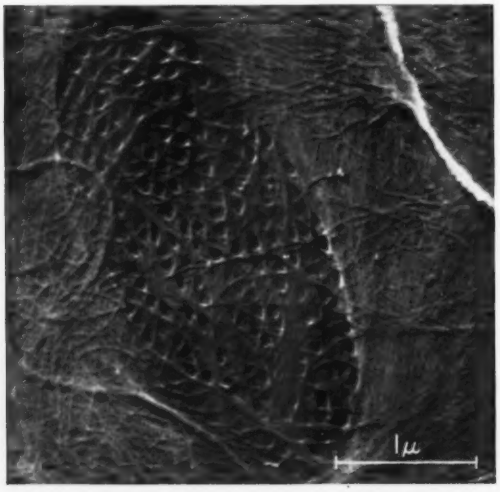


FIGURE 7 – *Membrane d'une ponctuation simple dans la radicule d'un grain de maïs* (*due à l'obligeance du Dr. K. Mühlethaler*).

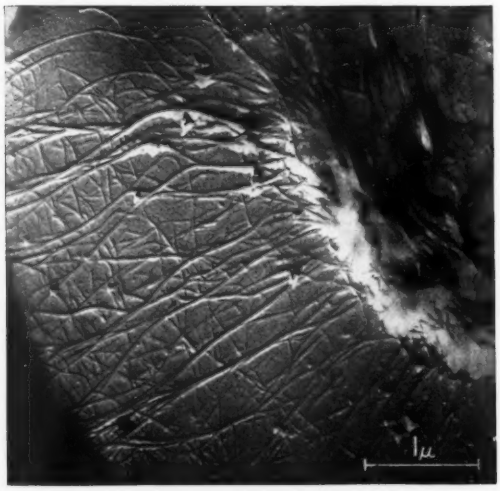


FIGURE 8 – *Membrane d'une ponctuation aréolée* [4].

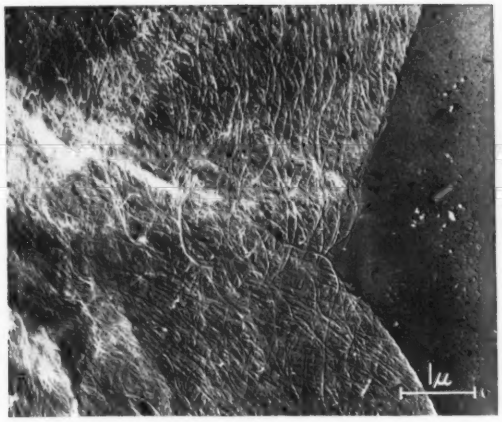


FIGURE 9 – *Fusion de la plaque cellulaire avec la paroi primaire latérale après mitose, dans le méristème d'un coléoptile d'avoine* [6].

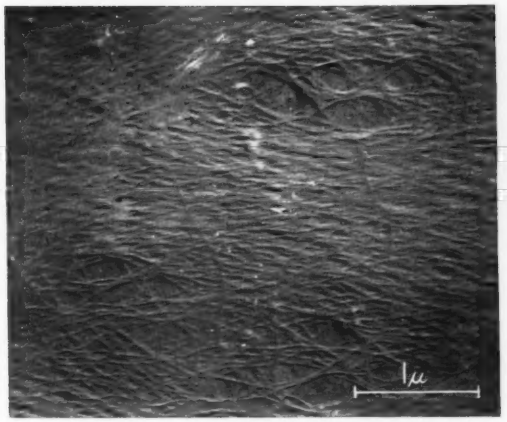


FIGURE 10 – *Croissance en mosaïque de la paroi primaire dans une cellule en expansion d'une radicule de maïs* [8].

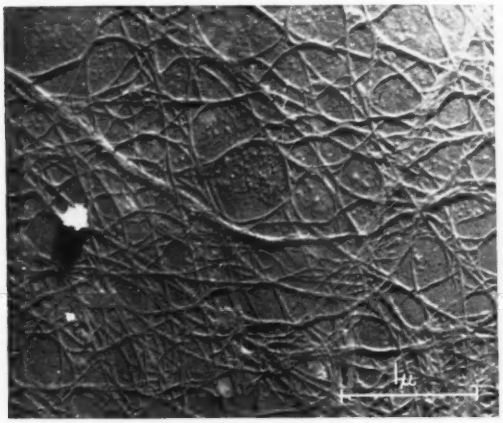


FIGURE 11 – *Intussusception dans la paroi primaire d'une cellule en croissance d'un coléoptile de maïs* [7].

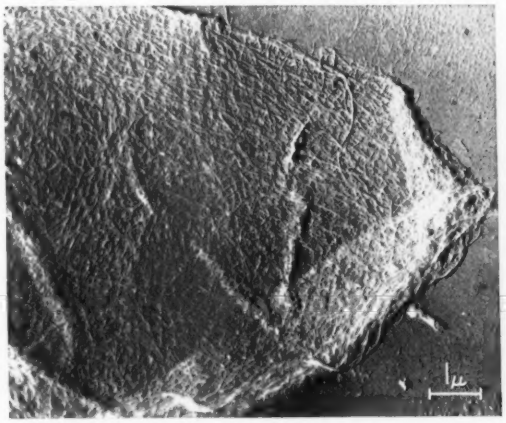


FIGURE 12 – *Croissance de l'extrémité de la paroi primaire; cellule en voie d'allongement d'un coléoptile d'avoine* [10].

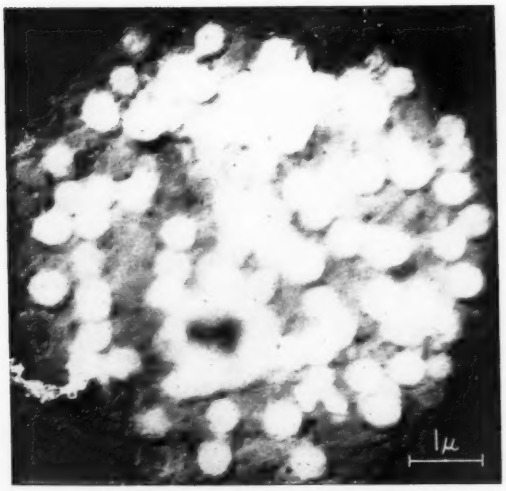


FIGURE 13 – *Chloroplaste d'épinard* [9].

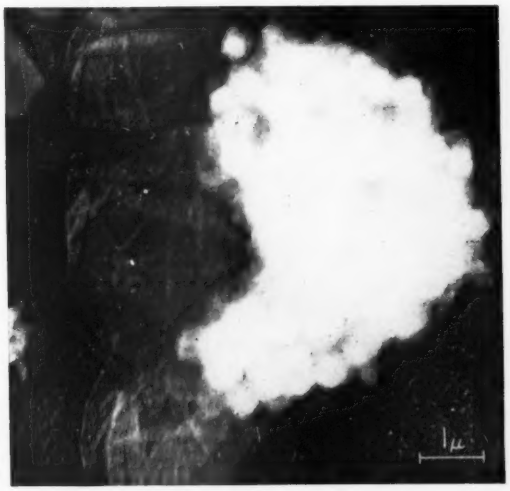


FIGURE 14 – *Gonflement unilatéral d'un chloroplaste d'épinard* [9].

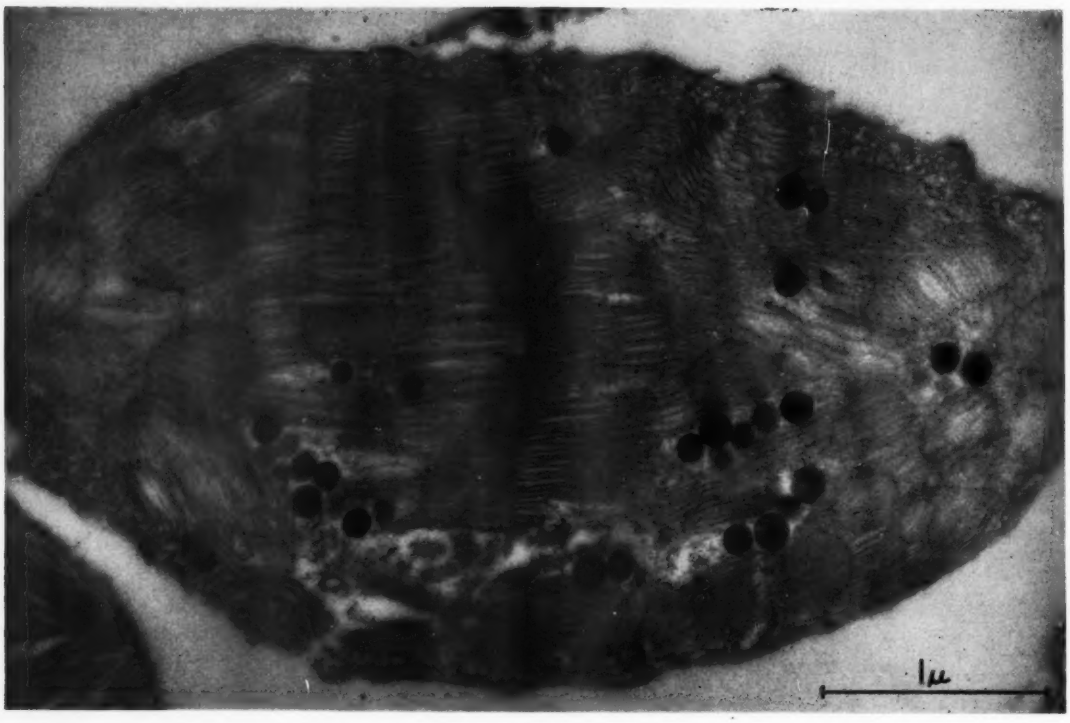


FIGURE 15 – *Coupe ultramince d'un chloroplaste d'*Aspidistra *(due à l'obligeance du Dr. E. Steinmann).*

à la surface du protoplasme, elle ne coïncide pas avec la surface de la chaîne de cellulose aplatie en ruban. Dans la sédimentation d'une suspension toutes les fibrilles élémentaires se déposent sur leur surface (101); de plus, elles manifestent une tendance à l'agrégation latérale (figure 6). Selon toute évidence, elles sont donc plates. La figure 16 montre la structure probable des microfibrilles, vues en coupe transversale; cette figure illustre le fait que l'on peut maintenant représenter avec quelque confiance l'organisation de la paroi de la cellule végétale non seulement jusqu'aux microfibrilles et aux fibrilles élémentaires, mais même jusqu'au plus important constituant moléculaire, la chaîne cellulosique.

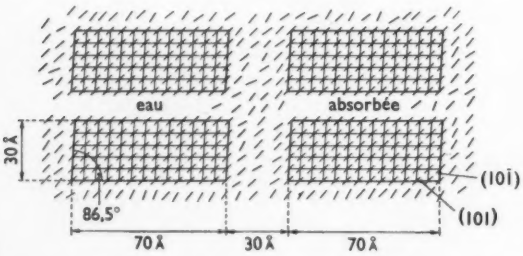


FIGURE 16 – *Coupe transversale d'une microfibrille de cellulose composée de quatre fibrilles élémentaires; une âme de cellulose cristallisée se trouve enrobée dans de la cellulose paracristalline.* (101) et (10$\bar{1}$) *sont les plans du réseau cristallin* [3].

CHLOROPLASTES

Dans les chloroplastes, sièges de la photosynthèse, la chlorophylle n'est pas uniformément répartie, mais concentrée dans des grains enrobés dans un stroma incolore (figure 13). La chlorophylle

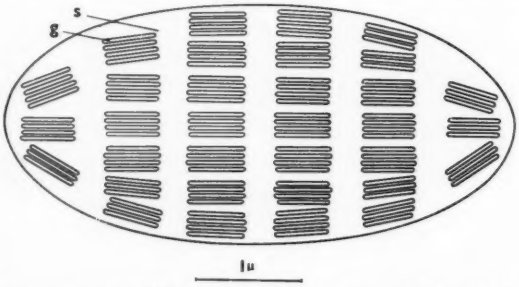


FIGURE 17 – *Disposition des* grana *dans le chloroplaste.* g: grana *présentant une division en lamelles submicroscopiques.* s: *stroma.*

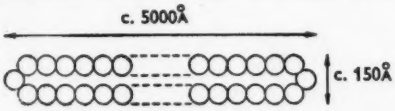


FIGURE 18 – *Structure macromoléculaire d'une des doubles lamelles rappelant un follicule dans les* grana *du chloroplaste* [9].

présente une fluorescence caractéristique, et les grains émettent un rouge profond sur fond noir quand on les examine en lumière ultraviolette; on peut montrer de cette façon que le stroma ne possède pas de chlorophylle.

Ces grains ou *grana* sont disposés en piles (figure 17), chacun comportant une série de lamelles submicroscopiques [5]. Des coupes ultrafines faites au microtome Sjöstrand montrent magnifiquement cette structure en lamelles (figure 15). Cette dernière est si régulière qu'elle produit des figures aux rayons X correspondant à une période de 250 Å [1]. Elle est due à l'empilement de follicules plats susceptibles de gonfler [9]. Leur membrane est faite de particules sphériques, et la figure 18 illustre la structure fine de ces follicules. Les globules représentent les macromolécules de chromolipoprotéines responsables de la capture de l'énergie lumineuse par les chloroplastes; ils sont riches en pigment, contenant plus de 30% de chlorophylle en poids.

Le stroma présente aussi une structure en lamelles (figure 15), mais elle est moins régulière que celle des *grana* [1]. En général, les lipoprotéines du stroma sont si instables que l'on peut à peine les fixer sans décomposition.

On ne peut mettre en évidence aucune membrane visible dans le chloroplaste. Il est apparemment séparé du cytoplasme par une limite de phase à deux couches analogue à celle du plasmalemme ou à la surface des grandes mitochondries. Quand le microscope électronique semble révéler des films distincts comme limite des chloroplastes, on doit les regarder comme des artefacts dus à la coagulation des lipoprotéines par une fixation impropre. La figure 14 montre un tel effet produit au cours de l'isolement d'un chloroplaste d'épinard dans une solution de saccharose de taux approprié; alors que la structure de la plupart des chloroplastes se trouvait conservée, l'un entre eux paraît renflé d'un côté. Les protéines du stroma comme celles des *grana* se trouvent transformées en membranes comme des vessies gonflées. Quand de telles bulles sont desséchées, leurs enveloppes rentrent dans le cadre typique des membranes de protéines coagulées que l'on peut voir au microscope électronique.

CONCLUSION

Il est évident que les parois de la cellule végétale et les chloroplastes ont chacun leurs propres caractéristiques structurales. Dans les parois cellulaires apparaît le principe fibrillaire que l'on retrouve dans les fibres macroscopiques, les fibres cellulaires microscopiques, les microfibrilles et les fibrilles élémentaires et finalement dans les molécules de cellulose elles-mêmes.

Les dispositions linéaires de filaments semblent être un principe général dans les substances squelettiques de beaucoup de types d'organismes. Cette disposition apparaît non seulement dans les parois cellulosiques des cellules végétales, mais encore dans les parois chitineuses des cellules de champignons, dans le squelette chitineux des arthropodes, dans la charpente siliceuse des éponges et même dans le collagène qui forme le tissu conjonctif, les os et la peau des vertébrés. Ce principe général de construction se rattache sans doute à la grande résistance à la traction des éléments fibrillaires utilisés.

Dans les chloroplastes, au contraire, apparaît la structure en lamelles. On la trouve dans les limbes des feuilles; leur forme est aplatie; leur structure submicroscopique caractérisée par des lamelles composées de films moléculaires de macromolécules. On rencontre ici de nouveau une seule caractéristique morphologique aux différentes échelles. Ce type de structure semble manifestement lié à la captation de l'énergie lumineuse, rôle principal des chloroplastes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] FINEAN, J. B., SJÖSTRAND, F. S. et STEINMANN, E. *Exp. Cell Res.*, **5**, 557, 1953.

[2] FREY-WYSSLING, A. *Holz, Berl.*, **9**, 333, 1951.

[3] *Idem. Science*, **119**, 80, 1954.

[4] FREY-WYSSLING, A. et BOSSHARD, H. H. *Holz, Berl.*, **11**, 417, 1953.

[5] FREY-WYSSLING, A. et MÜHLETHALER, K. *Vjschr. Naturf. Ges. Zürich*, **94**, 179, 1949.

[6] *Idem. Mikroskopie*, **6**, 28, 1951.

[7] FREY-WYSSLING, A., MÜHLETHALER, K. et WYCKOFF, R. W. G. *Experientia*, **4**, 475, 1948.

[8] FREY-WYSSLING, A. et STECHER, H. *Ibid.*, **7**, 420, 1951.

[9] FREY-WYSSLING, A. et STEINMANN, E. *Vjschr. naturf. Ges. Zürich*, **98**, 20, 1953.

[10] MÜHLETHALER, K. *Ber. schweiz. bot. Ges.*, **60**, 614, 1950.

Colorations animales

par H. MUNRO FOX

Les animaux doivent leurs colorations soit à des pigments, soit à la structure physique de leurs téguments. C'est chez les animaux eux-mêmes que s'opère la synthèse de la plupart des pigments, dont toutefois un groupe important, celui des caroténoïdes, provient de l'alimentation végétale. Les couleurs structurales résultent de la diffusion Tyndall ou d'interférences de rayons lumineux. On trouve ici un aperçu des principaux types de coloration animale.

Les colorations animales soulèvent plusieurs problèmes d'un grand intérêt: A quoi servent-elles? Ont-elles une origine chimique ou physique? Est-ce l'animal qui fait la synthèse des colorants, ou proviennent-ils de la nourriture? Nous allons d'abord parler brièvement du rôle fonctionnel de la coloration. C'est là parfois une incursion dans le domaine spéculatif, d'autant plus que certains animaux voient les couleurs comme nous, d'autres voient des couleurs pour lesquelles nous sommes aveugles, d'autres encore n'ont pas la vision des couleurs.

Couleurs et dessins peuvent dissimuler certains animaux, ou au contraire les mettre en évidence. Le prédateur ou la proie pourront passer inaperçus, tel l'ours polaire et le lièvre. Le contour qui pourrait trahir l'animal, est dissimulé par des rayures, comme dans le cas du tigre, ou par un mouchetage, dans le cas du serval (figure 7). Plus rarement, l'animal perfectionne ce camouflage en changeant de couleur: la rainette devient plus ou moins verte (figure 13). On trouve aussi des colorations très voyantes. Peut-être servent-elles aux animaux de même espèce à se reconnaître entre eux pour l'accouplement ou le rassemblement. On pourra prendre comme exemple la phalène (figure 5) et le barbu (figure 10). Chez les paons, seul le mâle est remarquable, et il fait la roue devant la femelle. Le dessin coloré de la salamandre (figure 9) est peut-être destiné à prévenir qu'elle a un goût désagréable. La couleur de l'anémone de mer (figure 11) avertit peut-être qu'elle pique. Mais parfois la coloration semble fortuite: à quoi peuvent bien servir les teintes métalliques des scarabées (figure 1), le bleu et le rouge du homard (figure 6), le vert ou l'orange de la face inférieure du crabe (figure 12), le rose des flamants (figure 14), les dessins colorés des coquilles des peignes (figure 15)? En tout cas, la couleur intérieure nacrée d'une coquille (figure 4) ne sert à rien à son propriétaire, car elle est invisible pendant son existence. Quant à la chatoyante *Aphrodite aculeata* (figure 3), elle passe sa vie enterrée dans la boue.

Les colorations animales sont dues soit à des pigments, soit à une structure particulière. Les pigments sont des composés chimiques. Ils absorbent certaines longueurs d'onde et réfléchissent les autres, d'où leur couleur. Le rouge du rouge-gorge, le jaune du canaris, le vert de la chenille, le bleu du homard sont dus à des pigments. Cependant certaines couleurs brillantes sont dues à des structures particulières à la surface des animaux [1].

C'est Tyndall qui a expliqué le bleu du ciel, voici à peu près un siècle: de très petites particules dans la haute atmosphère diffusent, et nous renvoient par suite en proportion plus grande, les courtes longueurs d'onde du spectre solaire. Le bleu des plumes (figure 10) ou des yeux bleus, celui de la face du mandrille ont la même origine. Le vert dans les plumes est en partie dû à un phénomène analogue (figure 10). Un pigment jaune, formant une couche extérieure transparente, arrête le bleu, mais laisse passer les composantes vertes, jaunes et rouges de la lumière blanche. Celles-ci rencontrent une couche translucide, dont les petites cavités remplies d'air diffusent le vert. Le jaune et le rouge, de longueur d'onde plus élevée sont absorbés par un pigment noir. Les colorations vertes de la rainette ou du lézard ont une origine semblable. On trouve sous la peau des cellules vivantes contenant des gouttelettes jaunes huileuses; des cellules à très petits granules situées au-dessous diffusent le vert, tandis que le jaune et le rouge sont absorbés dans des cellules noires sous-jacentes. Le nom de l'espèce de la figure 13, *coerulea*, rappelle qu'un spécimen était devenu bleu par conservation dans l'alcool, où le pigment jaune s'était dissout. Le bleu et le vert pénètrent alors également dans les cellules à granules, qui les diffusent tous deux. On

se rend bien compte que ces bleus et ces verts ont une origine structurale en examinant une plume bleue ou verte par transmission: la couleur disparaît.

C'est une coloration structurale d'un autre genre qui est à l'origine des irisations des plumes de coq; l'effet est encore plus brillant sur la phalène de la figure 5. Ces colorations varient suivant l'angle sous lequel on les observe; elles sont dues à l'interférence, comme les couleurs des bulles de savon, ou des couches minces d'huile à la surface de l'eau. Il y a dans la cuticule des ailes de mouches des couches transparentes d'indices différents, qui leur donnent un aspect irisé. On explique de même les couleurs brillantes de certains scarabées (figure 1), des plumes de paons (figure 2), les soies irisées de l'*Aphrodite aculeata* (figure 3) et l'aspect de la nacre (figure 4). Dans le cas de la phalène de la figure 5, et de beaucoup de papillons, les surfaces d'interférences sont dans les écailles transparentes des ailes. Si l'on y dépose une goutte d'éther, qui remplit les vides entre les écailles, les couleurs s'évanouissent. Elles reviennent à mesure que l'éther s'évapore.

La couleur blanche provient soit d'une réflexion de tout le spectre visible par un corps opaque de composition chimique déterminée — tel le carbonate de calcium d'une coquille — soit de réflexions sur une substance transparente aux multiples surfaces, quelle que soit sa composition chimique — comme la mousse ou la neige. C'est à ce dernier phénomène qu'est due la blancheur des papillons, qui ont des écailles côtelées, certaines avec des cavités remplies d'air, et celle des plumes (figure 14) ou du poil, qui ont des bulles d'air internes. Le noir est dû à l'absorption totale de la lumière; chez les animaux, cette absorption est en général le fait d'un pigment noir, la mélanine, que l'on trouve chez la salamandre (figure 9), le corbeau, et le chat noir; dans la peau humaine noire et dans l'encre que projette la pieuvre pour se défendre. C'est la mélanine qui absorbe la lumière du côté des grandes longueurs d'onde dans les plumes bleues et vertes, et dans la peau de la grenouille verte. La mélanine est insoluble et on ne connaît pas complètement sa composition chimique. On comprend cependant certaines des étapes de sa synthèse. Un acide aminé, la tyrosine, grâce à une enzyme contenant du cuivre, est transformé par oxydation par l'oxygène en un dérivé de l'indole, de couleur rouge. Ce dernier, par polymérisation, se transforme en mélanine noire. L'enzyme est absente chez les oiseaux et les mammifères albinos. Chez les sujets pie, on ne le trouve que dans les parties foncées. Parfois la lumière a un rôle dans sa formation: la peau devient brune au soleil. C'est pourquoi beaucoup d'animaux ont la face dorsale plus foncée. Si on illumine le flet par en-dessous, de la mélanine se développe sur la face inférieure. Cependant la mélanine se forme en l'absence de lumière dans la peau du nègre, dans les œufs à l'intérieur du corps de la grenouille, ainsi que dans l'encre de la pieuvre. La mélanine n'est pas toujours noire: elle serait responsable de la couleur jaune de la chevelure des blondes et du poil des chats (figure 7). Mais on ne sait pas encore ce qui est à l'origine de la couleur des cheveux des roux, ou du poil des alezans.

La couleur noire, chez les animaux, peut avoir une autre cause, dont la découverte est toute récente [2]. Chez un scarabée noir le mécanisme est le suivant: un phénol est oxydé enzymatiquement en quinone par l'oxygène; cette quinone joue le rôle d'une matière tannante vis-à-vis d'une protéine de la cuticule, dont elle relie les chaînes polypeptidiques adjacentes: la protéine devient ainsi insoluble et dure, et accessoirement, noircit. On sait maintenant que ce tannage est fréquent dans la cuticule des invertébrés.

Ce sont les animaux eux-mêmes qui font la synthèse de la mélanine. Il y a cependant un groupe de pigments très répandus qu'ils semblent incapables de fabriquer, et qu'ils doivent trouver dans leur nourriture végétale. Cela se voit bien à la couleur du jaune d'œuf ou du beurre, qui varie suivant le régime de l'animal. On appelle ces pigments caroténoïdes, parce qu'on en trouve dans les carottes. Ils sont très répandus dans le règne végétal. Les plus connus sont le carotène et la xanthophylle; on les retrouve dans nombre de fleurs et de fruits jaunes ou rouges, comme l'orange et la tomate. Ils existent aussi dans les parties vertes, en général dissimulés par la chlorophylle, mais visibles dans le blé mûr. On peut séparer et identifier les caroténoïdes d'après leurs différences de solubilité et par chromatographie, et confirmer ensuite le résultat par une méthode spectroscopique. Du point de vue chimique, la molécule comporte une longue chaîne d'hydrocarbure, terminée par un cycle à chaque extrémité [3]. Ce sont des pigments caroténoïdes que l'on retrouve dans les plumes jaunes ou rouges, dans les becs jaunes (figure 10), comme dans la couche jaune transparente qui joue un rôle dans la coloration verte des plumes, ou de la peau de grenouille. La peau du poisson rouge, le ventre du triton sont pigmentés par des caroténoïdes orangés, les muscles du saumon et les plumes de

flamant (figure 14) par une variété rose. On les trouve souvent unis à une protéine chez les animaux [11]. Ils sont alors solubles dans l'eau, et de couleurs très diverses. C'est ainsi qu'on les trouve dans la carapace bleue du homard, comme dans ses antennes rouges (figure 6), dans les parties vertes ou oranges du crabe (figure 12). Lorsqu'on fait cuire un homard ou un crabe, il prend une couleur rouge brillante: elle est due à un caroténoïde, dérivé de l'astaxanthène, qui se sépare de sa protéine conjuguée quand celle-ci se coagule à la chaleur. Il y a même une protéine-caroténoïde incolore: la carapace et la peau d'une crevette vivante sont incolores; après ébullition elles deviennent roses comme dans le cas du homard.

Il semble que tous les caroténoïdes animaux proviennent d'une alimentation végétale, et non d'une synthèse propre. Cependant l'astaxanthène est rare chez les plantes, et les crustacés doivent le fabriquer à partir d'un caroténoïde végétal. Les animaux se procurent souvent leurs caroténoïdes d'une façon indirecte, en mangeant des proies herbivores. Les taches rouges de la peau, accompagnées parfois d'une coloration rouge des muscles, chez la truite, sont dues à l'astaxanthène; ces couleurs persistent chez les truites en captivité nourries de crevettes d'eau douce, mais disparaissent avec un régime de viande de boucherie [4]. Après la mue, les plumes du flamant en captivité ne restent roses que s'il y a des crevettes dans son alimentation; les crevettes trouvent leurs caroténoïdes dans les algues. La coloration rouge de l'anémone de mer de la figure 11 est due à une protéine-caroténoïde; les tentacules repoussent après amputation, et deviennent rouges s'il y a eu des crevettes dans l'alimentation. Avec du poisson incolore, elles sont presque incolores [5].

Il y a soixante-cinq ans, Gowland Hopkins a trouvé dans les ailes de papillons des substances voisines de l'acide urique. On a trouvé depuis que ces composés, baptisés ptérines, sont des colorants très répandus dans le règne animal. On trouve la xanthoptérine (jaune) chez les piérides (figure 8), la guêpe, et la salamandre (figure 9) [6]. L'érythroptérine (rouge) colore les ailes de divers papillons; elle est à l'origine des marques rouges de la grenouille ordinaire [6]. Les ptérines sont parfois fluorescentes dans l'ultraviolet, et il vaut la peine d'examiner une collection de papillons dans l'obscurité, avec un arc au mercure muni d'un verre de Wood. L'aspect blanc ou argenté du ventre des poissons est dû à une réflexion de la lumière blanche par de microscopiques cristaux de guanine, composé voisin de l'acide urique.

C'est un colorant complètement différent que l'on trouve dans le test rougeâtre de l'oursin (figure 18). Ce pigment s'appelle échinochrome; au point de vue chimique, c'est une quinone du naphtalène, composé où se trouvent deux cycles benzéniques condensés. On ne l'a trouvé dans aucun autre animal; on trouve dans une plante une autre naphtoquinone, à partir de laquelle on prépare un colorant, le henné. Cependant, un proche parent de l'oursin, un lis de mer, ou crinoïde, qui vivait dans la mer jurassique il y a 150 millions d'années, devait sa couleur à un pigment quinonique violet, comportant un certain nombre de cycles benzéniques condensés; il est encore cristallisé aujourd'hui [7]. Le seul pigment analogue du règne animal est la matière colorante rouge que l'on trouve dans le tissu graisseux d'un coccidé, la cochenille. Il sert à préparer le carmin; c'est une anthraquinone, avec trois cycles benzéniques condensés.

Nous arrivons maintenant à un des pigments les mieux connus, l'hémoglobine [8]. Il est rare que ce colorant du sang et de la viande rouge donne sa couleur à un animal entier; cependant nous-mêmes en commun avec les lombrics, les daphnies (puces d'eau) et certains crustacés (figure 16), lui devons notre couleur. Il y a dans sa molécule un constituant coloré en rouge, l'hème, uni à une protéine incolore. L'hème est constitué par 4 pyrroles liés les uns aux autres par des ponts méthines de façon à former un cycle. Au milieu du cycle se trouve un atome de fer relié aux quatre azotes des pyrroles. Si on enlève le fer, il reste la protoporphyrine. Il existe une autre variété de porphyrine, avec un atome de cuivre qui remplace le fer de l'hème. Ce pigment unique en son genre se trouve dans les plumes de l'aile d'un oiseau africain, le touraco (figure 17). C'est la turacine [9], qui passe en solution en milieu légèrement alcalin, où elle est très soluble. La turacine a deux bandes d'absorption très marquées, que l'on voit facilement en examinant la lumière qui a traversé une plume, avec un spectroscope à vision directe.

L'hème de notre sang est dégradé de façon permanente dans l'organisme en pigment biliaire, qui est excrété. Ce pigment résulte de la rupture oxydative de l'un des ponts méthine de la protoporphyrine après perte de l'atome de fer. Il y a divers pigments biliaires, diversement colorés, suivant leur degré d'oxydation. L'un d'eux colore les œufs de certains oiseaux en bleu.

On rencontre beaucoup d'insectes verts, comme les chenilles, les sauterelles, et la phyllie bien

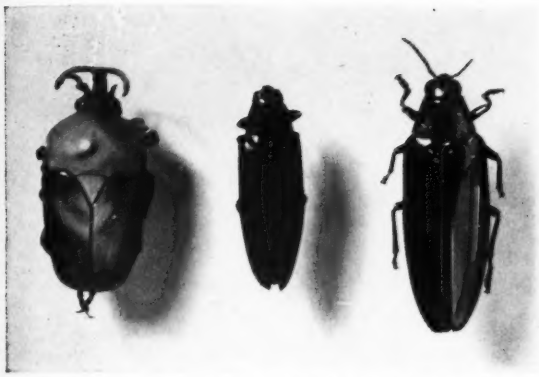


FIGURE 1 – Scarabées, *avec colorations structurales.*

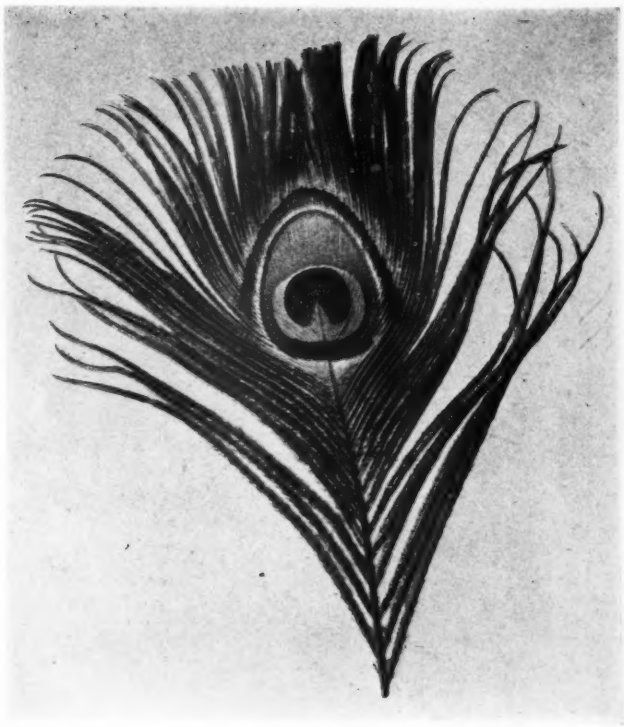


FIGURE 2 – *Plume de paon.*

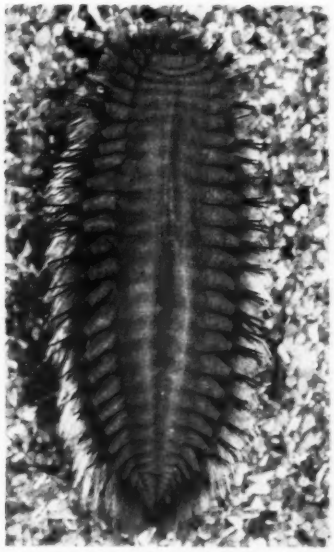


FIGURE 3 – Aphrodite aculeata.

FIGURE 4 – *Oreille de mer,* Haliotis tuberculata.

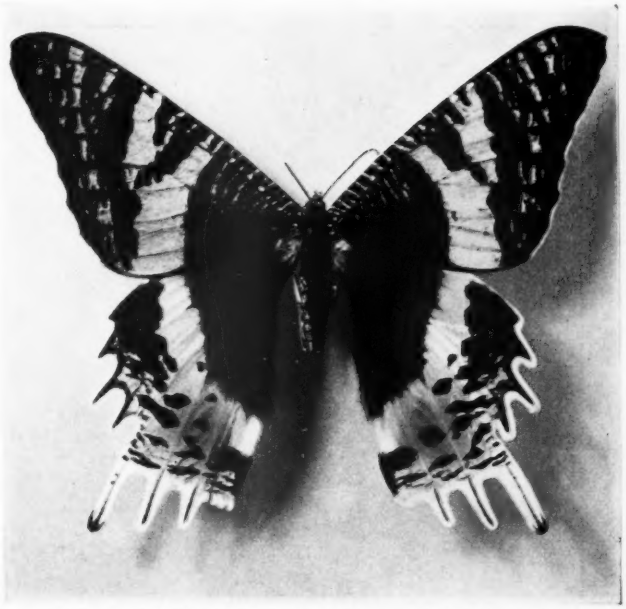


FIGURE 5 – *Phalène de jour de Madagascar,* Urania rhiphoeus.

FIGURE 6 – *Homard.*

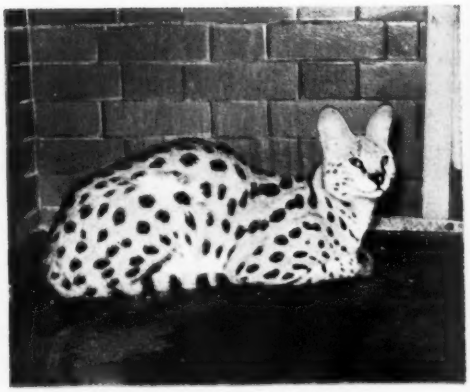


FIGURE 7 – *Serval, d'Afrique.*

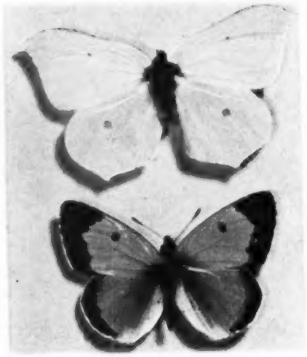


FIGURE 8 – *Papillons* (Gonopteryx rhamni *et* Colias croceus).

FIGURE 9 – *Salamandre.*

FIGURE 10 – *Barbu de l'Himalaya.*

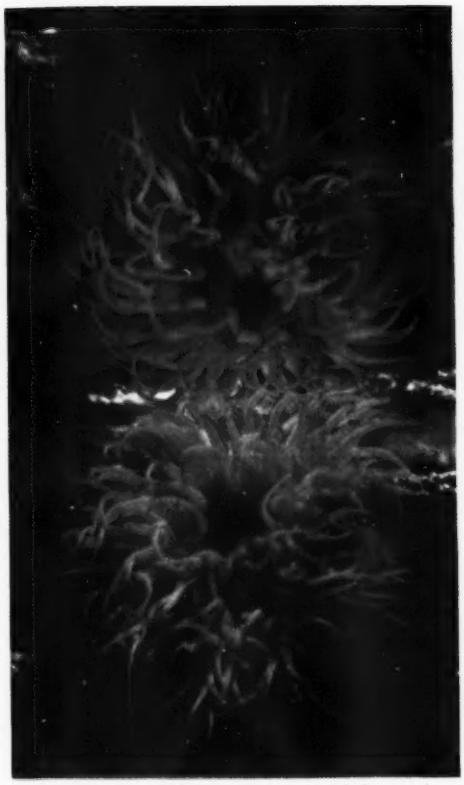


FIGURE 11 – *Anémone de mer,* Actinia equina, *avec sa réflexion.*

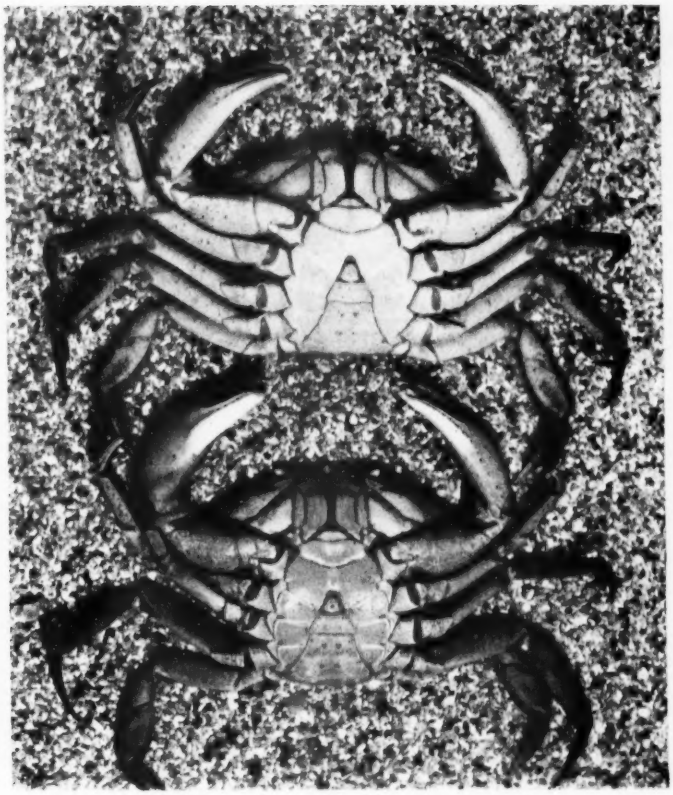


FIGURE 12 – *Crabes,* Carcinus maenas.

FIGURE 13 – *Rainette australienne,* Hyla coerulea.

FIGURE 14 – *Flamants.*

Les figures 7, 10, 11 et 13 sont reproduites de photographies prises au Zoo de Londres.

FIGURE 16 (*en haut*) – *Apus*, Triops cancriformis, *grandeur naturelle*.

FIGURE 15 (*à gauche*) – *Peignes*, Pecten opercularis.

FIGURE 17 – *Plumes de touraco.*

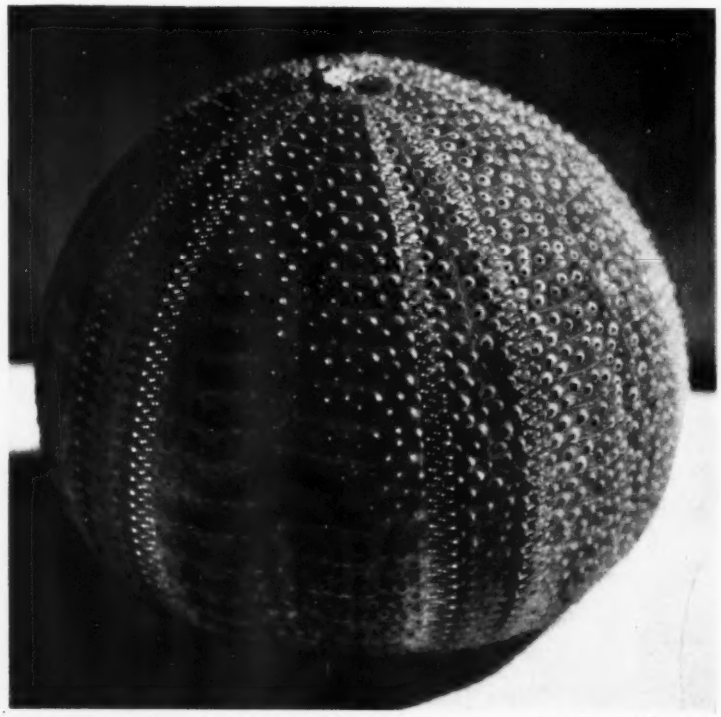


FIGURE 18 – *Test de l'oursin*, Echinus esculentus, *éclairé par dedans.*

connue. On croyait jadis que ce vert dérivait de la chlorophylle de leur alimentation. On sait maintenant qu'il est dû à un mélange de pigments jaunes et bleus, présents dans le sang ou la peau. Le pigment bleu est un pigment biliaire, et le jaune un caroténoïde. Tous deux sont combinés à des protéines [10].

Résumons: le bleu est une couleur structurale dans les plumes, dans les yeux et chez les insectes; chez le homard, il est dû à un pigment caroténoïde-protéine; celui des œufs d'oiseaux est dû à un pigment biliaire. Le vert est structural chez les scarabées et chez la phalène *Urania*; il l'est partiellement dans les plumes et chez les grenouilles; il est dû à un caroténoïde-protéine chez les crabes, mélangé à un pigment biliaire chez les insectes. Le jaune des plumes est dû à un caroténoïde, celui du poil à la mélanine; celui de la salamandre et du papillon à une ptérine. Le rouge a une origine structurale chez les scarabées. Le pigment rouge est un caroténoïde chez les anémones de mer, les crabes, les truites et les flamants; une ptérine chez les papillons et les grenouilles; c'est l'échinochrome chez l'oursin, l'hémoglobine chez l'homme et le ver de terre, une cuproporphyrine dans les plumes du touraco. Le noir de la peau, du poil et des plumes est dû à la mélanine, celui des scarabées à une protéine tannée. Il reste cependant un certain nombre de colorants animaux dont on ignore la nature chimique et l'origine physiologique: tel est le cas de ces colorations magnifiques que l'on trouve chez le peigne (figure 15) et sur beaucoup d'autres coquillages.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MASON, C. W. *J. phys. Chem.*, **27**, 401, 1923; **31**, 1856, 1927.
[2] PRYOR, M. G. M. *Proc. roy. Soc.* B, **128**, 393, 1939.
[3] KARRER, P. *Endeavour*, **7**, 3, 1948.
[4] STEVEN, D. M. *Nature, Lond.*, **160**, 540, 1947.
[5] ABELOOS-PARIZE, M. et R. *C.R. Soc. Biol., Paris*, **94**, 560, 1926.
[6] GÜNDER, I. *Z. vergl. Physiol.*, **36**, 78, 1954.
[7] BLUMER, M. *Mikrochemie*, **36**, 1048, 1950.
[8] FOX, H. MUNRO. *Endeavour*, **8**, 43, 1949.
[9] KEILIN, D. *Proc. roy. Soc.*, B, **100**, 129, 1926.
[10] GOODWIN, T. W. *Biol. Rev.*, **27**, 439, 1952.
[11] VERNE, J.: «Les pigments dans l'organisme animal». Paris. 1926.

Revue des livres

ASTRONOMIE

ALFVÉN, H.: *On the Origin of the Solar System*. Pp. VIII + 194. The Clarendon Press, Oxford. 1954. 30s.

Le Professeur Alfvén présente ici une théorie nouvelle de l'origine du système solaire selon laquelle les planètes auraient pris naissance par action électromagnétique d'un nuage de gaz entourant le soleil, probablement le même qui aurait formé celui-ci par condensation. On suppose qu'à ce moment-là le soleil possédait un champ magnétique général; sous l'action de la pesanteur, les gaz ionisés eurent tendance à tomber vers lui, mais le champ magnétique s'y opposa. Les éléments doués du potentiel d'ionisation le plus fort furent désionisés les premiers. Au fur et à mesure, les composants désionisés se répandirent dans la masse de gaz encore ionisée. L'auteur donne des raisons à l'appui de l'hypothèse que trois et même quatre nuages non-ionisés de composition chimique différente se formèrent et retombèrent ainsi successivement vers le soleil.

On pense qu'en tombant ils réagirent de telle façon que leur énergie cinétique se transforma en chaleur. Une ionisation thermique s'ensuivit, qui arrêta le nuage quand elle eut atteint une certaine limite. Le corps central lui transféra alors un moment angulaire, ce qui entraîna une concentration de gaz vers le plan équatorial.

Le mécanisme du phénomène ayant arrêté la chute des nuages vers le soleil est assez obscur; c'est le point faible de la théorie qui repose entièrement sur sa validité. S'il pouvait être établi avec plus de certitude, la théorie serait encore plus acceptable, car elle explique déjà de façon très satisfaisante les principaux aspects du système solaire avec les planètes et leurs satellites, à condition que chaque planète ait eu un champ magnétique supérieur à une certaine valeur. Le livre fait une contribution importante à la littérature sur l'origine du système solaire et mérite une étude sérieuse.

H. SPENCER JONES

DUFAY, Jean: *Nébuleuses Galactiques et Matière Interstellaire*. Pp. 492. Editions Albin Michel, Paris. 1954. 1650 frs.

L'étude de la matière interstellaire, qui est constituée en partie de gaz de densité extrêmement basse et de particules solides minuscules, a pris une importance accrue en astrophysique. Sa présence se révèle de diverses façons: par les nébuleuses gazeuses brillantes rendues lumineuses par les étoiles qu'elles contiennent, par les nuages de poussière qui obscurcissent ou dissimulent complètement les étoiles derrière eux, par l'absorption sélective et la diffusion de la lumière des étoiles résultant en une perte de luminosité et une teinte rouge, enfin par les lignes stationnaires dans le spectre des étoiles éloignées.

L'observation de ces phénomènes, leur analyse, discussion et interprétation font l'objet de publications en nombre croissant. Des théories physiques de nature et de portée très diverses s'opposent sur des points tels que l'interprétation des lignes «défendues»

dans les spectres nébulaires et les déductions que l'on peut faire de l'étude de l'absorption sélective sur la taille et la nature des particules de poussière. La matière interstellaire est fortement condensée vers les plans centraux de la Voie Lactée et des galaxies extérieures. Elle est présente dans les spirales, mais non dans les noyaux centraux. Les étoiles se forment continuellement à partir de cette matière par sa condensation en grains puis en masses plus importantes.

Le livre de M. Dufay offre l'exposé le plus complet qui soit de ces divers phénomènes observés ou théoriques. Il n'est pas surchargé de mathématiques, mais les principes généraux de cette science nécessaires à l'investigation sont bien expliqués. La bibliographie très développée rendra service. Un index détaillé aurait ajouté à la valeur de l'ouvrage, mais cette omission est fréquente dans les manuels français. Le choix des planches, tirées sans exception de photographies prises aux observatoires de Forcalquier ou de Haute-Provence, est bon et les reproductions sont excellentes.

H. SPENCER JONES

BIOCHIMIE

FRANCIS, G. E., MULLIGAN, W. et WORMALL, A.: *Isotopic Tracers*. Pp. XVI + 386. University of London, The Athlone Press, Londres. 1954. 37s. 6d.

Ce livre offre une introduction élémentaire aux principes et à l'emploi des traceurs isotopiques en chimie biologique, surtout en ce qui concerne la recherche médicale. A ce titre il est excellent, clair et agréable à lire. Il répond à un besoin réel de l'étudiant ou du chercheur de biologie qui, ayant à résoudre un problème de traceurs, hésite naturellement à utiliser des méthodes basées sur des travaux récents de physique nucléaire. Les auteurs précédents avaient tendance à oublier ce fait et insistaient sans nécessité sur l'aspect formel dans leurs études de physique fondamentale. Le Professeur Wormall et ses collègues ont nettement été inspirés par les besoins du biologiste et leur connaissance de première main du marquage biochimique.

Le titre du livre aurait pu être plus spécifique. En effet, on trouve à peine mention des applications importantes et élégantes des traceurs isotopiques en chimie et en agriculture. La plus grande partie de l'ouvrage (p. 1 à 214) décrit les principes de la préparation et les propriétés des isotopes stables et des radio-actifs. Les méthodes de leur dosage et de leur manipulation sans danger en laboratoire sont exposées pratiquement. Une série d'expériences explicatives, tirées presque exclusivement du métabolisme des vertébrés, termine cette partie.

La dernière section fait un cours simple et pratique aux étudiants et introduit des exercices nouveaux utilisant des protéines de sérums marquées à l'iode 131. On note des suppléments utiles sur l'approvisionnement en radio-isotopes et sur leur dosage. Nous recommandons vivement cet ouvrage, en tant qu'introduction pratique au sujet, aux professeurs et étudiants de biochimie et de physiologie.

F. P. W. WINTERINGHAM

HALDANE, J. B. S.: *The Biochemistry of Genetics*. Pp. 144. George Allen and Unwin Limited, Londres. 1954. 15s.

Une science nouvelle et précise vit le jour quand en 1902 on découvrit que la ségrégation mendélienne revenait à une différenciation chimique entre les organismes. Mais c'est seulement au cours de ces vingt dernières années que s'est développé un ensemble de connaissances suffisant pour mériter le nom de génétique biochimique. Cette science résulte de la combinaison de techniques radicalement opposées et de méthodes de déduction diverses. On a fait le rapprochement important de la chimie des gènes dans la cellule et de leur comportement, tout d'abord dans les organismes de grande taille puis, avec des conséquences toutes différentes, chez les êtres minuscules.

Le Professeur Haldane étudie ici ces progrès marquants sous leurs divers aspects. Son livre s'adresse aux biochimistes, mais les généticiens s'y intéresseront également. Dans le détail, il atteint son but, mais c'est là un sujet fait de points techniques variés qui demande de la concentration de la part du lecteur et doit être traité avec conviction, cohérence et sans affectation. Malheureusement, le livre est décousu, sans unité essentielle. La suite du texte est interrompue d'escarmouches politiques et personnelles qui gênent et découragent le lecteur assidu et finalement détruisent la véritable intention de l'auteur. L'ouvrage a certainement du mérite mais n'est pas ce qu'on appelle un bon livre.

C. D. DARLINGTON

BIOLOGIE

PÀDOA, E.: *Biologia Generale*. Pp. 707. Edizioni Scientifiche Einaudi, Turin. 1953. 8000 lires.

Ce manuel de biologie générale s'adresse principalement aux étudiants en médecine débutants; c'est, cependant, une source d'information générale, moderne et critique, capable de renseigner utilement le praticien. Il se lit si facilement qu'on peut le recommander à tous les profanes désirant acquérir des connaissances détaillées dans ce domaine.

La première partie fait un exposé très satisfaisant de la structure, tant superficielle que profonde, constitution chimique et activités métaboliques des organismes vivants. Les connaissances actuelles de la structure interne du protoplasme, en particulier, et de son importance physiologique font l'objet d'un résumé convaincant. Les chapitres suivants s'occupent de la reproduction, de l'embryologie et de la croissance; ce dernier est à jour et l'enchaînement des faits nombreux présentés a été soumis à un examen critique rigoureux.

Les chapitres sur la génétique, l'évolution et la classification sont relativement longs, mais ils ont de la profondeur et offrent non seulement les connaissances courantes mais des théories actuelles sur un grand nombre de problèmes. Ceci s'applique également au dernier chapitre sur l'écologie, qui a un vif intérêt général.

Le volume renferme une bonne bibliographie allant jusqu'en 1953. Il est bien présenté et, dans l'ensemble, représente un des meilleurs ouvrages italiens de biologie parus ces deux dernières années.

M. ALOISI

BIOGRAPHIE

ANDRADE, E. N. DA C.: *Sir Isaac Newton*. Pp. 140. Collins, Londres. 1954. 7s. 6d.

La biographie classique du plus grand de tous les savants fut pendant longtemps celle de Sir David Brewster, publiée en 1855. Mais elle avait le défaut de présenter Newton comme un être parfait et elle fut remplacée en 1934 par le jugement mieux équilibré de L. T. More. L'œuvre du Professeur Andrade n'a pas la même ampleur, mais c'est celle de la meilleure autorité actuelle sur le sujet et elle est admirablement bien faite. On y trouve un compte rendu brillant des découvertes de Newton en même temps qu'une compréhension pleine de sympathie de son tempérament et, en particulier, de

sa crainte morbide de ses adversaires. Cette malheureuse disposition fut la source de ses démêlés avec Hooke sur l'optique, avec Leibniz sur la découverte du calcul différentiel et avec Flamsteed sur l'astronomie. La plupart des travaux qui parurent pour la première fois dans son «Traité d'optique» avaient été réalisés beaucoup plus tôt, mais il attendit la mort de Hooke pour les publier. La loi de la gravitation et la théorie du mouvement des corps célestes qui en dépend n'auraient peut-être jamais vu le jour si Halley et la *Royal Society* n'avaient usé de toute leur influence.

E. T. WHITTAKER

CHIMIE

DUNLOP, A. P. et PETERS, F. N.: *The Furans*. Pp. 867. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 144s.

Ce volume substantiel sur les furfuranes, œuvre des laboratoires de la compagnie Quaker Oats, traite avec grand détail de la littérature sur ces corps et de leurs applications jusqu'à fin décembre 1950. La partie I (700 pages) s'occupe de l'aspect chimique des furfuranes, la partie II (100 pages) des applications industrielles du furfurol et de ses dérivés. On trouve un supplément donnant la liste des brevets relatifs aux résines du furfurane; il y a un index complet des sujets mais pas des auteurs.

La Partie I traite des caractères physiques des furfuranes, du furfurane et de ses homologues, des dérivés halogènes, des composés nitrés, des furanols et furylamines, des composés métalliques, de l'alcool furfurolique et autres alcools furaniques, du furfurol et autres aldéhydes furoliques, des cétones, des acides furfurane-carboniques, de la division du noyau du furfurane et de la réduction catalytique des furfuranes. Les benzofurfuranes sont omis.

L'ouvrage est richement documenté et deviendra l'œuvre de référence indispensable sur la question. Le sujet est traité à fond et les nombreuses tables faciliteront la recherche de corps particuliers et d'exemples de types de réactions. Chaque chapitre renferme de nombreuses notes renvoyant à la littérature chimique moderne; il y en a plus de 5000 en tout. L'impression des caractères et des formules est parfaite et l'on voit avec plaisir que la constitution électronique est étudiée à propos de certaines réactions.

W. BAKER

EMMETT, Paul H., publié sous la direction de: *Catalysis*. Vol. I: *Fundamental Principles* (Partie I). Pp. 394. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 80s.

Ce volume est le premier d'une série destinée à faire le point de nos connaissances théoriques et pratiques de la catalyse. Sur les huit chapitres, deux étudient les méthodes pratiques de préparation des catalyseurs, les supports et activeurs. Un chapitre sur le magnétisme et la catalyse décrit les procédés d'étude des propriétés magnétiques, mais se contente de déclarer au début que de nombreux éléments d'importance primordiale dans la catalyse ont «d'intéressantes propriétés magnétiques» sans établir en rien le fait ou en découvrir la cause s'il existe. D'autres chapitres s'occupent de l'adsorption physique et de la mesure de la superficie des surfaces; ce dernier, compétent et critique, insiste sur la méthode B.E.T. qui suppose l'existence d'une couche monomoléculaire complète lorsque l'isotherme d'adsorption des gaz accuse un changement de direction inattendu.

Trois chapitres de Laidler sur la chimiosorption, les lois cinétiques de la chimie des surfaces et la théorie des vitesses de réaction absolues dans les réactions de surface forment la meilleure partie du livre. Les deux premiers contiennent une documentation expérimentale abondante et à jour; dans le troisième, les propriétés accordées aux surfaces sont grandement hypothétiques et l'application quantitative dans les cas réels est encore impossible. Le catalyse homogène sera traitée dans un volume suivant.

L'ouvrage a de la valeur, mais déçoit sur un certain point. Il n'essaie pas véritablement d'expliquer le fonctionnement des catalyseurs de surface. La question de la mesure dans laquelle la puissance catalytique dépend de la disposition géométrique des atomes de surface est à peine envisagée. C'est pourtant une relation soupçonnée depuis longtemps, très plausible en soi et presque établie par les travaux du regretté Otto Beeck. Aucun des auteurs ne semble se rendre compte que l'effort imposé aux molécules adsorbées en raison du manque de correspondance entre la distance normale séparant leurs atomes et la distance entre les atomes de surface auxquels elles sont accolées, est une cause très vraisemblable de leur accroissement de réactivité. Espérons que cette question fondamentale sera étudiée dans un volume ultérieur.

N. K. ADAM

KARRER, P.: *Lehrbuch der Organischen Chemie* (12e édition). Pp. xx + 949. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1954. DM 59,70.

Il s'agit d'une nouvelle révision et d'une complète remise à jour de son fameux manuel par le Professeur Karrer. La table des matières suit celle des éditions précédentes, étant basée systématiquement sur le nombre et la nature des groupes fonctionnels dans les composés aliphatiques, alicycliques et hétérocycliques. De nombreuses sections ont été remaniées à fond et la place plus importante accordée à certains sujets, mécanismes de réactions en particulier, a nécessité l'abrègement d'autres aspects et l'omission de la plupart des tables.

Les réactifs récents, tels que $LiAlH_4$, sont fréquemment cités; les nouveaux composés intéressants au point de vue biochimique, comme le dérivé S-acétyle de la coenzyme A, sont étudiés et l'on trouve même la composition toute nouvellement découverte de la terramycine et de l'auréomycine. Trois pages sont consacrées aux tropolones et l'emploi des composés inclus de l'urée et de la tri-*o*-thymotide pour séparer les composés énantiomorphes est brièvement cité. Aucun progrès important réalisé en chimie organique depuis la dernière édition n'a été oublié.

Nous recommandons vivement cet ouvrage qui est probablement le meilleur manuel de chimie organique en un seul volume auquel aient accès les étudiants, chercheurs et lecteurs en général.

J. F. W. McOMIE

KETELAAR, J. A. A.: *Chemical Constitution*. Pp. VIII + 398. Elsevier Publishing Company, Amsterdam; Cleaver-Hume Press Limited, Londres. 1953. 40s.

Ce livre captivant étudie les principes physiques qui sont à la base de notre conception actuelle des forces interatomiques et intramoléculaires en les illustrant d'exemples tirés de la chimie minérale et organique. Avec raison, mais contre la pratique courante, les phénomènes chimiques sont envisagés dans leur ensemble. Les propriétés des corps sont étudiées et comparées par rapport aux quatre types de liaison: ionique, atomique, covalente et de van der Waals. Dans la première catégorie,

on trouve une abondance d'informations sur des complexes et composés intramoléculaires divers et l'auteur établit une relation entre les propriétés de certains de ces corps et la structure cristalline. Les principes de covalence, d'énergie de liaison et de résonance en mécanique ondulatoire sont clairement présentés; les méthodes de liaison de valence et d'orbites moléculaires sont passées en revue et critiquées. Le lecteur sera heureux de trouver les questions suivantes nettement exposées: valence dirigée, caractère de liaison multiple, conjugaison, couleur selon la conception moderne de valence. Le chapitre sur les liaisons des métaux renferme un compte rendu simplifié mais instructif de la théorie électronique des métaux, des zones de Brillouin et des propriétés des alliages. Celui qui traite des actions réciproques de van der Waals comprend bon nombre de points intéressants et actuels sur la formation des composés moléculaires et les propriétés physiques qui en découlent. Le livre aborde d'un angle nouveau les questions les plus captivantes de la chimie contemporaine et sera une source d'encouragement pour les étudiants et tous ceux qui veulent se tenir au courant des progrès de la théorie chimique. H. W. THOMPSON

PALMER, W. G.: *Experimental Inorganic Chemistry*. Pp. xx + 578. Cambridge University Press, Londres. 1954. 50s.

L'auteur se demande ici pourquoi la chimie minérale ne pourrait pas s'apprendre principalement en laboratoire comme la chimie organique. Les méthodes actuelles manquent d'inspiration et de vie et beaucoup trouveront comme lui que l'analyse qualitative de mélanges artificiels et le choix banal d'analyses quantitatives qui constituent le régime de l'étudiant débutant en chimie minérale pratique, ont peu de chance d'éveiller un enthousiasme comparable à celui qu'excitent les travaux pratiques organiques. Un des obstacles à surmonter est le manque de manuels appropriés; c'est pourquoi le docteur Palmer s'est mis à la tâche avec une énergie et une résolution louables. Disons tout de suite qu'il y a parfaitement réussi et l'on ne s'étonnera pas qu'un renouveau des programmes de chimie s'ensuive.

Après une introduction générale théorique traitant de la structure atomique, des liaisons chimiques, des séparations interatomiques, des éléments métaux, des phénomènes électrochimiques, de la structure cristalline, le texte suit l'ordre des groupes de la table périodique (groupe O non compris). Chaque section a une introduction suivie d'instructions de préparation minutieuses et vérifiées. Beaucoup de ces préparations sont complétées d'indications sur l'analyse des résultats, idée excellente car il est probable que l'étudiant aime analyser les corps qu'il vient de préparer. Les préparations sont de difficulté variée, mais leur choix est vaste et très intéressant.

E. J. HOLMYARD

PATTERSON, Austin M.: *A French-English Dictionary for Chemists* (2e édition). Pp. xiv + 476. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 52s.

La parution de cette seconde édition du dictionnaire de Patterson sera bien accueillie de tous car, depuis sa première publication en 1921, il est passé au rang d'ouvrage de référence classique. Toutefois, les progrès de la chimie ont été si rapides dans ce dernier quart de siècle et tant de champs d'études nouveaux ont été découverts qu'un grand nombre de termes récents sont devenus usuels tandis que d'autres ont vieilli. La nouvelle édition compte maintenant 42 000 mots au lieu de 35 000 comme la première. Quelques termes modernes pris au hasard indiquent que la révision a été bien faite.

TREVOR I. WILLIAMS

WALKER, J. F.: *Formaldehyde*. (2e édition). Pp. 575. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 96s.

Ce livre parut pour la première fois en 1944 et a été maintenant entièrement revu. Il est complet et intéressera à la fois le savant et le fabricant utilisant ce corps. Les points étudiés comptent: la production de formaldéhyde monomérique; l'état du formaldéhyde dissous; les solutions commerciales; les propriétés physiques du formaldéhyde aqueux; la distillation des solutions de formaldéhyde; les polymères; les propriétés chimiques; les réactions avec les réactifs minéraux, les composés hydroxyl aliphatiques et les mercaptans, les aldéhydes, les cétones, les phénols, les acides carboxyliques, les anhydrides acides, le cétène, les chlorures et les esters d'acides, les amines, les amides, les nitriles, les hydrocarbures et les dérivés d'hydrocarbures, et avec les composés hétérocycliques; le décèlement et l'évaluation du formaldéhyde; l'analyse quantitative des solutions et des polymères du formaldéhyde; l'hexaméthylènetétramine; l'utilisation du formaldéhyde, de ses polymères et de l'hexaméthylènetétramine.

Le livre captivera et stimulera l'esprit tout au long. Il est très complet, car une seule réaction du corps semble avoir été omise: son emploi pour déceler les traces d'hydrocarbures aromatiques dans la méthode de Ramsden. On trouve des bibliographies à chaque chapitre, formant un ensemble de plus de 2000 notes. L'impression et les formules sont irréprochables. Les seules erreurs remarquées sont aux pp. 332 et 361 et, considérant les preuves données, il n'y a pas lieu de mettre en doute la constitution de l'hexaméthylènetétramine (p. 404). Il y a aussi des index de sujets et d'auteurs. W. BAKER

WOLSTENHOLME, G. E. W. et CAMERON, Margaret P., publié sous la direction de: *The Chemical Structure of Proteins*. Pp. 222. Ciba Foundation Symposium. J. and A. Churchill Limited, Londres. 1953. 25s.

Les découvertes les plus importantes de ces dernières années sur la constitution des protéines ont été réalisées par l'emploi d'outils d'analyse chimique perfectionnés. Les travaux antérieurs cherchaient des méthodes d'analyse assez précises pour déterminer le nombre exact de résidus de chaque type dans la molécule; récemment, le but a été d'établir l'ordre de ces résidus dans les chaînes de polypeptides. La Fondation Ciba a fait œuvre utile en favorisant la rencontre des autorités mondiales sur la question en décembre 1952 et ce volume, qui renferme les articles présentés à cette conférence avec un compte rendu textuel des discussions, fait un exposé vivant, complet et pourtant compact de l'état de ce sujet important qui se développe rapidement.

On compte parmi les points traités: les procédés nouveaux de fractionnement à décomposition poussée des protéines (Craig, Stein, Porter), la détermination des groupes terminaux (Desnuelle, Chibnall, Fromageot), la dégradation chimique progressive des chaînes de polypeptides (Edman, Fraenkel-Conrat, D. F. Elliott, Turba, Wieland), les méthodes de dégradation

enzymatique (E. L. Smith) et finalement l'étude d'un certain nombre de corps particuliers (Synge, Felix, Boulanger, Schroeder, Grassmann). En résumé, nous possédons maintenant un choix de méthodes élégantes capables de résoudre en principe la plupart, sinon la totalité, des problèmes liés à la série d'amino-acides protéiques. Leur emploi a été, en fait, jusqu'ici assez restreint mais c'est un état de choses qui se modifie rapidement.

J. C. KENDREW

CRISTALLOGRAPHIE

ROBERTSON, J. Monteath: *Organic Crystals and Molecules*. Pp. 340. Cornell University Press, Ithaca, New York. 1953. 32s. 6d.

Même les auditeurs du Professeur Robertson à Ithaca gagneront sans doute à voir imprimée la parole de leur conférencier de passage. En effet, on peut se demander quelle signification eurent les sonorités écossaises pour les étudiants de Cornell University. Les conférenciers ne sont pas limités comme les auteurs de manuels et le Professeur Robertson parla sans prétention encyclopédique de ses sujets favoris.

C'est en chimie minérale que la diffraction des rayons X remporta ses premiers succès. Seules quelques molécules organiques simples pouvaient alors être examinées, mais on a appris ces vingt dernières années à mesurer les alcaloïdes et les stéroïdes et leur forme moléculaire a été découverte de façon plus complète et plus exacte au point de vue quantitatif qu'il n'était possible avec les méthodes classiques. On entrevoit maintenant la possibilité d'examiner les produits naturels et artificiels les plus complexes. Le texte décrit les méthodes employées et les difficultés rencontrées. La partie I s'occupe de la technique et des principes d'interprétation des résultats; la partie II est descriptive et traite d'abord des formes fondamentales: diamant, graphite, urée, hexaméthylbenzène et molécules organiques montrant un arrangement structural essentiel. Vient ensuite une étude de la mesure des hydrocarbures à noyaux condensés suivie de la discussion des rapports entre la longueur et le caractère des liaisons. Un autre chapitre s'occupe des formes chimiques complexes mal connues. La formation de cristaux complets par les molécules organiques est traitée, mais l'étude de la forme des molécules tient la première place.

Les chimistes organiciens pourront être tentés de sauter certaines pages ou regretteront l'omission de molécules favorites, mais ils seront captivés dans l'ensemble.

H. M. POWELL

MÉDECINE

FLOREY, Sir Howard, publié sous la direction de: *Lectures on General Pathology*. Pp. 733. Lloyd-Luke (Medical Books) Limited, Londres. 1954. 63s.

Les vingt-sept conférences publiées ici sont l'œuvre de dix autorités, chacun dans son domaine, à l'intention des étudiants d'Oxford diplômés en physiologie et biochimie supérieures et possédant déjà quelque expérience des problèmes naturels sous l'angle expérimental. Les conférences s'échelonnèrent sur deux trimestres. Nous félicitons les auteurs de leur travail et, en passant, les éditeurs pour la présentation du texte et les nombreuses illustrations.

Les conférences principales traitent de pathologie générale: historique, inflammations, fièvres, réactions du sang aux lésions, antigènes et anticorps, ainsi que de l'effet pathogénique et de la virulence des micro-organismes. Quelques aspects plus nettement biochimiques sont aussi étudiés, tels que l'hémorragie, le choc et l'œdème. Il y a également deux chapitres sur les radiations. Certaines parties sont plus attrayantes que d'autres, mais il va sans dire que l'ensemble du livre est intéressant, bien informé et très à jour. On note avec quelque surprise que les tumeurs ont été omises avec leurs effets sur l'organisme en général, et une étude des conséquences pathologiques des écarts de nutrition aurait été utile. Mais il aurait peut-être fallu renoncer en échange à la section de Sir Howard Florey sur l'inflammation des muqueuses et à celle de G. R. Cameron et de E. P. Abraham sur les transformations dégénératives, ce qui aurait été dommage. On attend le jour où le cours comprendra trois trimestres.

Chaque conférence se termine par une liste de notes bibliographiques fondamentales et il y a un index des sujets et des auteurs. Celui des sujets gagnerait à être développé. L'ouvrage sera apprécié par un public beaucoup plus vaste que celui des Facultés.

R. A. McCANCE

MÉTALLURGIE

HUME-ROTHERY, William et RAYNOR, G. V.: *The Structure of Metals and Alloys*. Pp. VIII + 363. The Institute of Metals, Londres. 1954. 35s.

La première édition du livre, écrite par Hume-Rothery en 1936, a été revue et réimprimée régulièrement depuis. Cette troisième édition suit dans l'ensemble le plan original, mais fait penser à un ouvrage nouveau. En effet, les progrès rapides de la partie métallurgique liée à la connaissance des constitutions atomiques font que certains sujets ont été traités beaucoup plus à fond que dans la première édition. Il y a de plus des pages nouvelles sur les alliages ferreux, les imperfections et la théorie de la dislocation. Comme il fallait s'y attendre dans une question à progression rapide, le centre d'intérêt s'est déplacé et, en particulier, l'ouvrage n'est plus consacré à la présentation de travaux originaux comme auparavant, mais à celle de matériaux déjà parus.

L'exposition est d'une clarté remarquable, sans notations techniques de cristallographie et de mathématiques qui pourraient gêner l'étudiant de métallurgie. Le physicien, par contre, sera peut-être dérouté par la richesse de détails concernant les systèmes d'alliages utilisés pour établir et illustrer les principes en question. On note deux aspects particulièrement remarquables du livre, à savoir, la façon dont les auteurs ont su prévoir et surmonter les difficultés des débutants ainsi que donner un aperçu de l'évolution du sujet tout en expliquant les changements apportés aux idées et intentions de la première édition.

La présentation et l'impression sont excellentes (à part la figure 57 à la page 71) et le prix remarquablement bas.

W. H. TAYLOR

SULLY, A. H.: *Metallurgy of the Rarer Metals: No. 1 — Chromium*. Pp. 272. MILLER, G. L.: *No. 2 — Zirconium*. Pp. 382. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1954. 35s. et 45s. respectivement.

La parution de ces deux volumes, les premiers d'une série sur un certain nombre de métaux relativement rares, coïncide avec l'accroissement rapide de l'importance stratégique du chrome et du zirconium. Les progrès les plus récents de la métallurgie du chrome sont dus à une purification plus poussée obtenue au cours de la recherche de matériaux nouveaux doués de propriétés utiles aux fortes températures, et convenant aux moteurs modernes.

Dans le cas du zirconium, le développement rapide de la production et des travaux sur les alliages résulte de l'excellente résistance chimique du métal et des applications possibles des alliages dans le domaine de l'énergie atomique. Chaque volume est l'œuvre d'une autorité sur la question et offre au lecteur une mine d'information. Ils encourageront certainement le chercheur à augmenter sa connaissance rudimentaire de ces métaux. Les points traités comprennent la provenance, la production, la fonte, la fabrication et les propriétés physiques et chimiques des métaux purs et de leurs alliages ainsi que leur constitution telle qu'elle est connue actuellement. On trouve également des bibliographies très complètes. Si les ouvrages suivants sont du même niveau, on attend avec confiance les volumes annoncés sur le titanium, le molybdène, le platine, le manganèse et l'uranium.

B. W. MOTT

PHYSIQUE

SWAINGER, K.: *Analysis of Deformation.* Vol. I. Pp. XIX + 285. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 63s.

On trouve ici une théorie linéaire de l'analyse de la déformation finie dans les trois dimensions. Trois systèmes de coordonnées sont utilisés au lieu d'un seul comme dans l'élasticité classique. Selon l'auteur, cette théorie met à jour les insuffisances de l'ancienne, mais c'est discutable. Les équations satisfaites par la dilatation v et le déplacement U (11,15 et 11,19 aux pp. 161–162) ne diffèrent pas des équations classiques si l'on considère la restriction, *curl* U = constante, imposée par l'auteur. Mais cette restriction est indéfendable, car la *curl* U n'est constante ni dans la théorie de Saint-Venant de la torsion, ni dans le cas de courbure avec cisaillement. De plus, l'existence d'un centre de courbure dépend de la variation de la *curl* U dans le plan de coupe transversale.

L'analyse vectorielle est utilisée tout au long de l'ouvrage et, afin qu'il se suffise relativement à lui-même, il y a des suppléments sur ce point et la théorie potentielle. La présentation est bonne, l'impression claire, mais on regrette l'emprunt de certains symboles enjolivés au vieil anglais, ce qui donne une apparence bizarre à quelques pages (p. 117, par exemple). La notation, par endroits peu orthodoxe, rend la lecture assez difficile. On doit chercher longuement la signification d'expressions telles que $S : P^n : \Delta S$ après un signe d'intégrale. Finalement, le prix est élevé, considérant qu'il ne s'agit que du premier volume.

L. S. GODDARD

SCIENCES GÉNÉRALES

DIRINGER, David: *The Hand Produced Book.* Pp. 604. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1953. 60s.

Le titre ne rend pas plus justice à cet ouvrage que celui d'*Alphabet* à son prédécesseur. Tous deux s'occupent du même sujet sous un angle différent, à savoir la transmission des idées. Dans le volume précédent, l'auteur étudiait les techniques employées pour enregistrer la pensée; ici, point tout aussi important, il traite des moyens utilisés pour rendre cet enregistrement permanent et transportable.

Le livre retrace, en effet, une étape de la civilisation beaucoup plus qu'il ne fait l'histoire d'un objet. Pour le bibliophile européen, l'expression «livre fait à la main» évoque sans doute le Livre de Kells du 9e siècle ou même le *Codex Sinaiticus* du 4e. L'auteur ne les oublie pas; mais pour lui le «livre» peut être aussi bien une tablette d'argile sumérienne du 3e millénaire av. J. C., un papyrus hiératique égyptien du 13e siècle av. J.C., un bâton gravé de runes de l'Allemagne médiévale ou une peau de daim maya écrite au 12e de notre ère au Yucatan. Il a rassemblé et présenté brièvement, mais avec autorité et abondance d'illustrations et de notes, les connaissances actuelles sur les matériaux, outils et méthodes de fabrication des livres depuis les temps préhistoriques jusqu'à l'invention de l'imprimerie. Il s'occupe aussi de certaines forces historiques qui ont déterminé la multiplication des livres.

L'aspect le moins satisfaisant du livre est son plan. Les chapitres de début retracent le développement de l'écriture et l'évolution du «livre» en passant par le bâton, la pierre jusqu'à la tablette d'argile, le rouleau de papyrus ou de cuir et le manuscrit de parchemin. Puis, après un chapitre sur la fabrication grecque et latine et un autre intitulé «Le livre suit la religion», on trouve son évolution dans la chrétienté d'Orient et d'Occident et les sectes et religions du Proche et Moyen Orient; les littératures juive et arabe ne sont pas oubliées. Deux chapitres traitent ensuite des «régions éloignées»: les parties restantes d'Asie et d'Amérique. Enfin, presque un cinquième du livre est occupé par la contribution anglo-celtique, monographie intéressante et poussée de la paléographie insulaire mais beaucoup trop longue dans une étude mondiale, et ne permettant pas un traitement équivalent de la production post-carolingienne en Europe continentale.

M. J. S. CLAPHAM

MASON, S. F.: *A History of the Sciences.* Pp. 520. Routledge and Kegan Paul Limited, Londres. 1953. 28s.

Cette nouvelle histoire de la science a pour sous-titre «Courants principaux de la pensée scientifique», montrant ainsi sa tendance à présenter l'ensemble et le général plutôt qu'à exposer en détail certains progrès expérimentaux et mathématiques et leurs applications. Il n'y a donc pas d'illustrations et peu de formules.

Le champ traité est extrêmement vaste, allant des civilisations anciennes et orientales, dont l'exposé est très satisfaisant, jusqu'à l'astrophysique moderne et à la théorie de la relativité. On trouve des chapitres d'information sur des questions telles que la technologie médiévale, les institutions scientifiques et certains aspects du nationalisme scientifique.

Un des thèmes que l'on rencontre tout au long de l'ouvrage est celui des différences entre la tradition de l'artisanat et celle de la science pure qui persistent depuis les débuts de l'histoire écrite. L'auteur estime, par exemple, que les progrès de la science chinoise furent retardés par le manque de coopération entre les savants, les bureaucrates et les techniciens et, dans un contexte moderne, oppose la génétique mendélienne académique aux théories soviétiques de Michurin et de Lysenko, plus attrayantes pour l'agriculteur.

Les 500 pages imprimées serré sont assez difficiles à lire. Elles forment plutôt une sorte de manuel élémentaire qui encouragera le lecteur à faire des recherches plus poussées et on trouve à cette intention une bonne bibliographie classée en titres généraux et en-têtes de chapitres. Le style est clair et concis. Le savant actuel reconnaîtra la valeur d'un exposé qui embrasse à la fois la science moderne et l'ancienne.

R. H. G. THOMSON

NEEDHAM, Joseph, avec la collaboration de WANG LING: *Science and Civilisation in China*. Vol. I. Pp. XXXVIII + 318. Cambridge University Press, Londres. 1954. 52s. 6d.

Les historiens scientifiques déplorent depuis longtemps l'absence d'une histoire même médiocre du progrès scientifique et technique dans la Chine ancienne et médiévale. Les voyageurs du passé ont, en effet, attribué maintes inventions et découvertes aux Chinois et l'on avait bonne raison de croire que, jusqu'au 17e siècle environ, les artisans, physiciens, alchimistes, astronomes et ingénieurs de ce pays valaient bien leurs collègues d'Occident. Il n'existait cependant pas jusqu'à ce jour d'œuvre d'autorité sur la question et il faut se réjouir que l'auteur ait courageusement abordé les problèmes dont elle est hérissée. Savant éminent, historien scientifique expérimenté et sinologue connaissant bien la langue et le peuple, il a toutes les qualités nécessaires et désirables pour cette tâche. L'œuvre complète, dont c'est le premier volume, en aura sept et les six à paraître sont déjà rédigés. Ce premier volume servira d'introduction à l'ensemble. On y étudie la langue, la géographie et l'histoire chinoises ainsi que les contacts scientifiques entre la Chine, le Moyen-Orient et l'Europe pendant la période en question. A lui seul, l'ouvrage constitue un apport extrêmement valable à un coin obscur de l'histoire de la science; il aiguisera la curiosité de tous ses lecteurs envers les études plus détaillées qui suivront. Le plan, le style, la présentation et la documentation sont remarquables et le livre intéressera tous ceux que retiennent les progrès de la science et de la civilisation. Remercions Cambridge University Press d'avoir publié une œuvre de telle valeur à un prix si modeste.

E. J. HOLMYARD

TECHNOLOGIE

SINGER, C., HOLMYARD, E. J. et HALL, A. R., publié sous la direction de: *A History of Technology*. Vol. I. (Des temps anciens à la chute des empires de l'Antiquité.) Pp. LXIV + 827. Clarendon Press, Oxford. £7 7s.

Ce livre de plus de 900 pages est le premier d'une série en préparation dont la plupart des cinq volumes sont déjà en partie rédigés ou imprimés. Les fonds nécessaires à cette vaste entreprise ont été généreusement fournis par *Imperial Chemical Industries Limited*. Mais, si remarquables que soient ces aspects de l'œuvre, ce ne sont pas les plus importants. Le fait marquant est la prépondérance croissante de la technologie et du technicien dans la vie moderne avec l'effet inévitable de cette évolution sur les études historiques et archéologiques actuelles. La question de la fabrication des objets sert d'introduction aux suivants: Raisons de leur fabrication et conséquences de ce fait. En d'autres termes, l'histoire au sens large du mot repose maintenant en grande partie sur un enchaînement causal basé sur la technologie. Cette œuvre imposante s'harmonise parfaitement avec les tendances modernes et servira sans doute longtemps d'ouvrage de référence type aux historiens et archéologues.

Le premier volume s'occupe de la période préclassique et les sujets traités vont d'une étude biologique de l'habileté en tant que qualité humaine à des comptes rendus détaillés de l'évolution du langage, du calcul, de l'écriture, du bâtiment, du transport, de l'éclairage, de l'agriculture et de l'astronomie. Les trente et une divisions du livre sont l'œuvre de spécialistes connus et sont admirablement illustrées de planches et de figures soignées. En dépit de son ampleur et de sa variété, l'ouvrage offre beaucoup plus qu'une simple encyclopédie. Un grand nombre des articles ont une valeur créatrice et font des apports substantiels au savoir. Ils sont également presque tous écrits dans un style clair, équilibré, intelligible au profane. Félicitons sur ce point et sur le plan bien étudié Dr Charles Singer et ses co-rédacteurs.

Le prix du livre est élevé et, ouvrage de référence ou histoire interrompue du progrès humain, il serait plus facile à lire en deux tomes et paraîtrait moins coûteux. Cette critique à part, c'est un livre de bibliothèque presque parfait. Si on pouvait en faire un jour un abrégé de taille et de prix réduits, les bibliothèques modestes en bénéficieraient grandement. Rendons hommage en attendant à l'érudition impressionnante des auteurs et à la largesse de leur mécène.

R. E. M. WHEELER

DAVIES, Owen L., publié sous la direction de: *The Design and Analysis of Industrial Experiments*. Pp. XIV + 637. Oliver and Boyd Limited, Edimbourg (pour Imperial Chemical Industries Limited). 1954. 63s.

Les ouvrages sur l'étude industrielle expérimentale ne manquent pas, qui exposent en détail des études diverses mais n'aident en rien à faire un choix dans un cas particulier. Les auteurs nous offrent ici, en plus d'un manuel excellent, d'utiles conseils sur les circonstances convenant le mieux à divers genres d'expérimentation. Leur argumentation s'appuie sur l'étude de plus de quarante expériences de chimie industrielle. Les études factorielles sont mises en évidence et leur économie soulignée ainsi que l'avantage d'un nombre accru de facteurs dans une expérience. Le court chapitre sur les expériences continues fait une introduction utile à un sujet qui se développe rapidement. La partie la plus intéressante du livre est sans doute la description, longue mais claire, de nouvelles techniques destinées à évaluer les conditions optima et dont nous sommes largement redevables à l'un des auteurs, M. Box.

Ce livre, le meilleur jusqu'ici sur l'aspect statistique de l'expérience industrielle, rendra service à tous les chercheurs industriels. Les statisticiens y apprendront aussi à envisager l'étude industrielle ou autre de façon plus réaliste. Les auteurs font remarquer à juste titre premièrement, qu'une grande proportion de recherche quantitative est inévitablement statistique et deuxièmement, qu'«une bonne étude expérimentale doit fournir les renseignements désirés avec le minimum d'effort expérimental.»

D. J. FINNEY

JOHNSTONE, Sydney J.: *Minerals for the Chemical and Allied Industries*. Pp. 692. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 75s.

On accueillera avec plaisir cette addition de valeur à la littérature chimique industrielle. C'est une mine d'informations abondantes et de qualité qui contient en outre pour chaque classe de minéraux décrits une bibliographie fournie et de nombreuses notes renvoyant aux spécifications standard appropriées. Les méthodes d'après-guerre y sont traitées à fond et l'ouvrage est aussi à jour que possible, compte tenu du temps nécessaire à la mise sous presse. La liste des 160 maisons et organisations différentes auprès desquelles s'est renseigné l'auteur donne une idée de la peine prise pour obtenir une documentation vraiment exacte.

L'étude du plomb est typique du reste du livre. Après la description des minerais principaux, on trouve la production mondiale avec la liste des pays

producteurs les plus importants, puis les méthodes de fonte, l'utilisation du métal avec des détails sur les diverses qualités affectées à divers usages en Grande-Bretagne et les essais types à faire subir au métal pour un emploi déterminé tel que le plomb chimique ou les pigments de plomb.

Les nombreux minéraux qui n'ont atteint une importance industrielle que depuis comparativement peu de temps, comme l'indium, le thallium, l'uranium, le vanadium et le zirconium, sont traités à fond. Tous les chimistes qui s'intéressent aux matières premières chimiques devront posséder cet ouvrage ou y avoir facilement accès.

TREVOR I. WILLIAMS

ZOOLOGIE

VON FRISCH, Karl: *The Dancing Bees; an account of the Life and Senses of the Honey Bee*, traduit par Dora Ilse. Pp. 183. Methuen and Company Limited, Londres. 1954. 16s. 6d.

Ce livre est la traduction anglaise de *Aus dem Leben der Bienen* publié par l'auteur en 1953. L'auteur examine l'un après l'autre les aspects remarquables de ces insectes étonnants sans l'aide de termes techniques. Le titre anglais n'est pas très approprié car, bien que les danses de l'abeille qui indiquent aux membres de la colonie la découverte, la distance et la direction d'une source de nourriture, soient expliquées clairement, beaucoup d'autres points y sont étudiés. Citons seulement la division du travail dans la colonie, le sens de l'odorat chez l'abeille, son petit «flacon de parfum» portatif, son interprétation des odeurs, l'usage des yeux, le sens de la durée, les possibilités mentales, le sens de l'orientation, l'incubation, l'essaim, la reine et l'élevage des jeunes, la destruction impitoyable des reines inutiles, le massacre des mâles, ainsi que les ennemis de l'abeille et ses maladies. Rien n'a été oublié et de nombreux lecteurs s'intéresseront à ces expériences patientes et ingénieuses qui ont si largement accru notre connaissance de ces insectes précieux. On trouve pour aider à la comparaison deux chapitres sur les fourmis, les guêpes, les bourdons et les abeilles solitaires. De nombreuses figures et photographies aident effectivement à la compréhension du texte.

G. LAPAGE

KENNEDY, M.: *The Sea Angler's Fishes*. Pp. 524. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 50s.

La théorie et la pratique sont nettement séparées dans presque toutes les sciences. Mais cette divergence n'est peut-être nulle part aussi marquée que dans la zoologie marine. En dépit de leur connaissance poussée de la constitution et de la taxonomie des poissons, peu d'ichthyologistes ont l'habileté et de l'expérience qu'il faut pour bien pêcher à la ligne, tandis que les pêcheurs possèdent rarement un savoir scientifique détaillé des spécimens qu'ils capturent, tout en sachant où, quand et comment les attraper. On note donc avec intérêt la parution d'un ouvrage complet sur les espèces concernant les pêcheurs de mer britanniques. C'est l'œuvre d'un zoologiste averti doublé d'un pêcheur expérimenté. Le livre, agréable et bien illustré, marie avec talent l'ichthyologie et la pêche. La description de points anatomiques, de modes d'alimentation, du frai et du développement des alevins est agrémentée de recettes détaillées pour accommoder les poissons pris.

Un chapitre d'introduction de biologie générale introduit les termes techniques nécessaires à la description exacte de l'aspect et des habitudes des espèces présentées par la suite de sorte que les considérations techniques sont réduites au minimum dans le texte principal. Les pêcheurs de mer trouveront ici les principes permettant une pêche fructueuse et les zoologistes y apprendront qu'il y a beaucoup à découvrir hors du laboratoire.

TREVOR I. WILLIAMS

UCHIDA, Seinosuke: *Shinpen Nihon Chôrui Zusetsu* (Catalogue illustré des oiseaux du Japon). (En Japonais). Pp. 313. Sogensha Publishing Company, Tokyo, 1950. 2200 yen.

Nous avons là une édition nouvelle entièrement revue du *Nihon Chôrui Zusetsu* du même auteur, dont la première impression parue en 1913–1915 était en trois volumes et la quatrième et dernière, en 1925–1927, également en trois volumes. L'œuvre actuelle est en quatre parties: introduction générale, illustrations d'oiseaux accompagnées de descriptions imprimées en regard, descriptions des caractères principaux de chaque ordre d'oiseaux et index des noms scientifiques, japonais et anglais, suivis d'une bibliographie.

L'auteur suit la classification d'Ernest Hartert, qui est aussi celle de la Société d'Ornithologie du Japon dans sa publication intitulée «Manuel des Oiseaux Japonais» (3e édition, 1942). L'auteur est une des personnalités marquantes du Japon en ornithologie et les diverses éditions de ses œuvres, dont celle-ci est la dernière, son devenues classiques. Les illustrations, représentant près de 400 oiseaux, sont très bien exécutées et, même sans comprendre le japonais, on n'aura aucune difficulté, grâce aux index, à faire la connaissance des oiseaux de ce pays.

K. ENOKI

Livres reçus

(*Note.* La mention à cette page n'exclut pas la possibilité de revue ultérieure.)

ASTRONOMIE

DANVILLIER, A.: *Le Magnétisme des Corps Célestes*, Vols. I et II. Pp. 171 et 161 respectivement. Hermann et Cie., Paris. 1954. 1600 et 1500 fr. respectivement.

BIOCHIMIE

Biochemical Society Symposia No. 12 — *The Chemical Pathology of Animal Pigments*. Pp. 84. Cambridge University Press, Londres. 1954. 12s. 6d.

BIOLOGIE

RAVEN, C. P.: *An Outline of Developmental Physiology*. Pp. 216. Pergamon Press Limited, Londres. 1954. 17s. 6d.

WENRICH, D. H., LEWIS, I. F., et RAPER, J. R., publié sous la direction de: *Sex in Microorganisms*. Pp. 362. American Association for the Advancement of Science, Washington; Bailey Brothers and Swinfen Limited, Londres. 1954. 51s. 6d.

BOTANIQUE

BROWN, Dorothy: *Methods of Surveying and Measuring Vegetation*. Pp. 223. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Angleterre. 1954. 35s.

CHIMIE

ALEXANDER, Peter et HUDSON, R. F.: *Wool: Its Chemistry and Physics*. Pp. 404. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 45s.

HOLMYARD, E. J.: *Outlines of Organic Chemistry* (3e édition). Pp. 492. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1954. 16s.

VANNOTTI, A.: *Porphyrins: Their Biological and Chemical Importance*. Pp. 258 + xv. Hilger and Watts Limited, Londres. 1954. 50s.

WILSON, A. J. C., publié sous la direction de: *Structure Reports for* 1950, Vol. XIII. Pp. VIII + 644. A. Oosthoek's Uitgevers Mij., Utrecht. 1954. 45 florins.

WINCHELL, A. N.: *The Optical Properties of Organic Compounds*. Pp. 487. Academic Press Inc., New York; Academic Books Limited, Londres. 1954. $12.

GÉOLOGIE

SCHOKALSKAJA, S. Ju.: *Die Böden Afrikas* (traduit du russe). Pp. 408. Akademie-Verlag, Berlin. 1953. DM. 29.

TERMIER, G. et TERMIER, H.: *Formation des Continents et Progression de la Vie*. Pp. 132. Masson et Cie., Paris. 1954. 750 fr.

MATHÉMATIQUES

AVERY, J. H. et NELKON, M.: *An Introduction to the Mathematics of Physics*. Pp. 178. William Heinemann Limited, Londres. 1954. 9s. 6d.

GUMBEL, E. J.: *Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications*. Pp. VIII + 51. National Bureau of Standards, Washington. 1954. 40 cents.

SMITH, D. E. et SMITH, M. L. (traducteurs): *The Geometry of René Descartes*. Pp. 243. Dover Publications Inc., New York. 1954. Broché, $1,50; cartonné, $2,95.

MÉDECINE

Documenta Ophthalmologica. Vols. VII–VIII. Pp. 758. Dr W. Junk, La Haye. 1954. £12.

KUSANO, Nobuo, publié sous la direction de: *Atomic Bomb Injuries*. Pp. 112. The Tsukiji Shokan Company, Tokyo. 1953. $8.

MÉTALLURGIE

HAMPEL, C. A., publié sous la direction de: *Rare Metals Handbook*. Pp. XIII + 657. Chapman and Hall Limited, Londres; Reinhold Publishing Corporation, New York. 1954. 96s.

PHOTOGRAPHIE

MEES, C. E. K.: *The Theory of the Photographic Process* (édition révisée). Pp. 1133. The Macmillan Company, New York. 1954. $21,50.

PHYSIQUE

BOYD, R. L. F. et SEATON, M. J., publié sous la direction de, avec collaboration de MASSEY, H. S. W.: *Rocket Exploration of the Upper Atmosphere*. Pp. 376. Pergamon Press Limited, Londres. 1954. 75s.

DUHEM, Pierre: *The Aim and Structure of Physical Theory*. Pp. XIII + 344. Princeton University Press, Princeton; Geoffrey Cumberlege, Londres. 1954. 48s.

FLEURY, P. et MATHIEU, J. P.: *Chaleur, Thermodynamique, Etats de la Matière*. Pp. 523. Editions Eyrolles, Paris. 1954. 3400 fr.

TER HAAR, D.: *Elements of Statistical Mechanics*. Pp. 468. Rinehart and Company Inc., New York. 1954. $8,50.

HELMHOLTZ, H. L. F., avec une nouvelle introduction de MARGENAU, Henry: *On the Sensations of Tone*. Pp. XIX + 576. Dover Publications Inc., New York. 1954. $4,95.

HUNTLEY, H. E.: *Nuclear Species*. Pp. XIX + 193. Macmillan and Company Limited, Londres. 1954. 21s.

SCIENCES GÉNÉRALES

GHOSE, B. C.: *Industrial Organization*. Pp. 250. Oxford University Press, Londres. 1954. 14s.

MILLS, H. R.: *Techniques of Technical Training*. Pp. 195. Cleaver-Hume Press Limited, Londres. 1953. 10s. 6d.

OPPENHEIMER, J. R.: *Science and the Common Understanding* (B.B.C. Reith Lectures, 1953). Pp. 127. Oxford University Press, Londres. 1954. 10s. 6d.

UBBELOHDE, A. R.: *Man and Energy*. Pp. 247. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1954. 18s.

TECHNOLOGIE

BENNETT, C. A. et FRANKLIN, N. L.: *Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry*. Pp. XVI + 724. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 58s.

FRANCIS, Wilfred: *Coal*. Pp. 567. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1954. 84s.

Modern Chemical Processes. Texte établi par la rédaction de *Industrial and Engineering Chemistry*. Pp. 276. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 40s.

Reviews of Research on Problems of Utilization of Saline Water. Pp. 96. UNESCO, Paris; Ministry of Education, Londres. 1954. 10s. 6d.

SELL, George, publié sous la direction de: *Significance of Properties of Petroleum Products*. Pp. 74. The Institute of Petroleum, Londres. 1954. 7s. 6d.

Notes biographiques sur les collaborateurs

SIR MACFARLANE BURNET

Naquit en 1899 et fit ses études à *Geelong College* et à l'Université de Melbourne. Après avoir été interne de pathologie à l'Hôpital de Melbourne (1923–4), il alla au *Lister Institute* de Londres en 1926 à l'aide d'une bourse Beit de recherche médicale. Il revint à Melbourne comme directeur-adjoint du *Walter and Eliza Hall Institute for Medical Research*, dont il devint directeur en 1944. En 1932–3 il travailla à titre temporaire au *National Institute for Medical Research* de Hampstead. Ses travaux ont porté principalement sur les maladies infectieuses, et en particulier sur le virus de la grippe. Il a reçu la médaille Royale (1947) et donné la conférence Croonian (1950) de la *Royal Society*.

CHARLES SINGER

Naquit à Londres en 1876 et étudia à *University College*, Londres, à *Magdalen College*, Oxford et à Heidelberg. Il a été professeur d'histoire médicale à l'Université de Londres et professeur temporaire d'histoire scientifique à l'Université de Californie. On trouve parmi ses œuvres: *A History of Biology*, *A Short History of Science* et *The Earliest Chemical Industry*.

E. N. WILLMER

Naquit en 1902 et étudia à *Corpus Christi College*, Oxford, où il se spécialisa en zoologie, s'intéressant particulièrement aux organes des sens des insectes. Il travailla ensuite au laboratoire de physiologie de l'Université de Manchester où il entreprit des cultures de tissus et l'étude de la croissance. Il poursuivit ses travaux au laboratoire de physiologie de Cambridge où il devint maître de conférences d'histologie en 1929. Il s'intéresse depuis dix ans à la constitution de l'œil, surtout en ce qui concerne la vision des couleurs.

SIR EDWARD APPLETON

Est né à Bradford, en Yorkshire, voici soixante-deux ans. Après avoir été professeur de physique à Londres et à Cambridge, il devint en 1939 Secrétaire du département de la recherche scientifique et industrielle. Il est maintenant Principal et Vice-Chancelier de l'Université d'Edimbourg. Ses recherches concernent surtout l'exploration des couches d'air supérieures à l'aide des ondes radioélectriques, travaux au cours desquels il dirigea l'expédition britannique à Tromsö, en Norvège septentrionale (1932–33), pour étudier l'effet des aurores boréales sur la transmission des ondes radioélectriques. En 1926 il découvrit la couche atmosphérique ionisée qui porte maintenant son nom et permet aux ondes de faire le tour de la terre. Il est Président Honoraire de l'Union Radio-scientifique Internationale. A reçu la médaille Hughes de la *Royal Society* en 1933 et le Prix Nobel de physique en 1947. En tant que membre du Conseil scientifique du Cabinet de Guerre britannique, il joua un rôle important pendant les hostilités de 1939–45 dans l'effort scientifique de la Grande-Bretagne.

D. W. F. HARDIE

Naquit à St Andrews en 1906 et étudia à *Madras College* et à l'Université de sa ville natale. Il travaille depuis 1933 aux Imperial Chemical Industries Limited. Ses publications comprennent *A History of the Chemical Industry in Widnes* (étude du système Leblanc, basée sur son développement dans cette ville du Lancashire) et de nombreux articles biographiques et technico-historiques. Son manuel *Handbook of Modern Breton* (Armoricain), paru en 1948 est un ouvrage d'autorité sur la section continentale des langues celtiques.

A. FREY-WYSSLING

Naquit en 1900 à Küsnacht/Zurich. Il étudia les sciences naturelles à l'Ecole Polytechnique Fédérale suisse (E.T.H.) de Zurich et l'optique à Iéna. Il fut un des premiers à étudier la morphologie ultramicroscopique bien avant l'emploi courant du microscope électronique par les biologistes. Il dirige actuellement les laboratoires de botanique générale et de microscopie électronique à l'E.T.H.

H. MUNRO FOX

Naquit en 1889 et fit ses études à *Gonville and Caius College*, Cambridge. Il s'intéresse surtout à la physiologie des invertébrés aquatiques. Il a enseigné la zoologie à l'Université de Birmingham et à *Bedford College*, à l'Université de Londres. Est actuellement professeur de physiologie à la *Royal Institution*. Il est rédacteur-en-chef depuis vingt-neuf ans de *Biological Reviews*. Il a été Président de l'Union Internationale des Sciences Biologiques et est Président Honoraire de la *Natural History Society* de Londres.